



**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**CARRERA DE QUÍMICA DE ALIMENTOS**

**Caracterización y uso del extracto de albahaca como fungicida en bienes  
patrimoniales maderosos de Quito D.M.**

**Autor: Pablo Xavier Vásquez Ponce**

pablxavi\_vp@yahoo.com

**Tesis para optar por el título profesional de  
QUÍMICO DE ALIMENTOS**

**Tutora: Quím. Consuelo Dolores Andrade Granja Msc.**

consueloandradeg@hotmail.com

**Quito, septiembre del 2013**

Vásquez Ponce, Pablo Xavier (2013). Caracterización y uso del extracto de albahaca como fungicida en bienes patrimoniales maderosos de Quito D.M. Trabajo de investigación para optar por el grado de Químico de Alimentos. Carrera de Química de Alimentos. Quito: UCE. 113 p.

## **DEDICATORIA**

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy,  
en toda mi educación, tanto académica, como de la vida,  
por su incondicional apoyo brindado en toda mi carrera.

## **AGRADECIMIENTOS**

- A la Universidad Central del Ecuador, a la Facultad de Ciencias Químicas y a todos sus profesores por los conocimientos impartidos.
- Al Laboratorio de Química del Instituto Nacional de Patrimonio Cultural en especial a las Doctoras Martha Romero, Anita Guachamín y a Fernando Espinoza, que me ayudaron abriéndome las puertas para realizar el presente estudio.
- De manera especial a mis padres Teresa Y Alfredo y a mis hermanos Natalia y Andrés, a quienes, respeto y valoro mucho, gracias a su esfuerzo y ánimo he podido salir adelante hasta en los momentos más difíciles.
- A mis amigos: quienes han sido mi fortaleza y guía durante toda la Carrera, gracias a ustedes
- A todos quienes de alguna manera han colaborado en la realización de esta Tesis.

**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**CARRERA DE QUÍMICA DE ALIMENTOS**

Yo, Pablo Xavier Vásquez Ponce, con CC: 171542608-4, en calidad de autor del trabajo de investigación o tesis realizada sobre “CARACTERIZACIÓN Y USO DEL EXTRACTO DE ALBAHACA COMO FUNGICIDA EN BIENES PATRIMONIALES MADEROSOS DE QUITO D.M.”, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o de parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me corresponden, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor; de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Quito, a 02 de septiembre del 2013



Pablo Xavier Vásquez Ponce  
C.C. 1715426084

**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**CARRERA DE QUÍMICA DE ALIMENTOS**

Por la presente, dejo constancia que he leído la Tesis presentada por el señor Pablo Xavier Vásquez Ponce, para optar por el título profesional de Químico de Alimentos, cuyo tema es: **“CARACTERIZACIÓN Y USO DEL EXTRACTO DE ALBAHACA COMO FUNGICIDA EN BIENES PATRIMONIALES MADEROSOS DE QUITO D.M.”**, la misma que reúne los requerimientos y los méritos suficientes para ser sometido a evaluación por el Tribunal Calificador.

En la ciudad de Quito, a los 2 días del mes de septiembre del 2013



Quím. Consuelo Andrade Granja MSc.  
C.C.: 1001057650

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

INFORME DEL TRIBUNAL CALIFICADOR DE LA TESIS

Quito, 12 de septiembre del 2013

Señor

Dr. Wilson Parra

DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

Presente

Señor Decano:

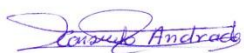
El Tribunal encargado de calificar la Tesis: "CARACTERIZACIÓN Y USO DEL EXTRACTO DE ALBAHACA COMO FUNGICIDA EN BIENES PATRIMONIALES MADEROSOS DE QUITO D.M.", presentada por: Pablo Xavier Vásquez Ponce, estudiante de la Carrera de: Química de Alimentos, luego del estudio y revisión correspondiente, resolvió:

APROBAR ☒ la Tesis con la NOTA de 13,7/20 y autorizar para que la escriba definitivamente.

REPROBAR ☐ la Tesis.

Es cuanto podemos informar.

Atentamente,



FIRMA PROFESOR  
Consuelo Andrade G.  
1001057650



FIRMA PROFESOR  
Fraustini Gavilón  
0601885150



FIRMA PROFESOR  
Raul Batamande  
1712676384



Colón Oe 1-93 y Av. 10 de Agosto "La Circasiana"  
Telefax: (5932) 2227 927 / 2549 257 / 2227 969 / 2543 527  
secretariainpc@inpc.gob.ec - www.inpc.gob.ec

**INSTITUTO NACIONAL DE PATRIMONIO CULTURAL**  
**LABORATORIO DE QUÍMICA**

Por la presente, se deja constancia que el Señor Pablo Xavier Vásquez Ponce realizó el desarrollo experimental de su tesis **CARACTERIZACIÓN Y USO DEL EXTRACTO DE ALBAHACA COMO FUNGICIDA EN BIENES PATRIMONIALES MADEROSOS DE QUITO D.M.**, para optar por el título profesional de Químico de Alimentos, y en tal virtud se aceptó poner a su disposición los recursos disponibles en el laboratorio.

En la ciudad de Quito, a los 02 días del mes de agosto del 2012

**LABORATORIO DE QUÍMICA**

**Instituto Nacional de Patrimonio Cultural**  
*(Firma manuscrita)*

Dra Martha Romero

C.I.: 040100562-1

**Cuenca:**  
Benigno Malo No 640  
y Juan Jaramillo  
"Casa de las Palomas"  
Telf: (5937) 2833787

**Guayaquil:**  
Calle Numa Pompilio Llona  
Nº 182-184, Barrio Las Peñas  
Telefax: (5934) 2303 671  
2568 247

**Loja:**  
Av. Zolito Rodríguez 614  
y Victor Vivar.  
Telf: (5937) 2560 652

**Riobamba:**  
Calle 5 de Junio y  
1era. Constituyente.  
Gobernación de Riobamba  
Telefax: (5933) 2950 597

**Portoviejo:**  
Sucre 405 entre  
Morales y Rocafuerte  
Telefax: (5935) 2651 722



## CONTENIDO

	pág.
CAPÍTULO I.....	1
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	2
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 BIOLOGÍA DE <i>Ocimumbasilicum</i> L. (ALBAHACA) .....	5
2.2 CARACTERIZACIÓN DEL EXTRACTO DE <i>Ocimumbasilicum</i> .....	8
2.2.1 ACEITES ESENCIALES .....	8
2.2.2 MÉTODOS Y FACTORES QUE INFLUYEN EN LA OBTENCIÓN DE EXTRACTOS ...	9
2.2.2.1 Extracción Mecánica .....	9
2.2.2.2 Destilación.....	9
2.2.2.3 Extracción con fluidos supercríticos .....	9
2.2.2.4 Extracción con solventes volátiles.....	10
2.2.2.5 Factores que interfieren en una extracción .....	11
2.2.2.6 Propiedades Físicas .....	13
2.2.2.7 Cromatografía.....	13
2.2.3 AGENTES DE DETERIORO DE BIENES CULTURALES .....	16
2.2.3.1 Alteración por proceso natural .....	17
2.2.3.2 Alteraciones debidas a intervenciones humanas .....	18
2.2.4 LOS PLAGUICIDAS .....	19
2.2.5 PRINCIPALES GRUPOS DE COMPONENTES ANTIMICROBIANOS DE LAS PLANTAS.....	20
2.2.6 ENFERMEDADES DE LAS MADERAS .....	21

	pág.
2.2.6.1 Hongos .....	21
2.2.6.2 Tratamientos contra hongos y xilófagos.....	22
2.2.6.3 Efectos de los hongos en la madera.....	23
2.2.6.4 Cultivo de microorganismos .....	23
2.2.6.5 Siembra.....	24
2.2.7 Aislamiento e identificación de hongos .....	24
2.2.8 Antibiógramas.....	26
2.3 FUNDAMENTO LEGAL .....	26
2.4 HIPÓTESIS DE TRABAJO.....	27
2.5 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN .....	27
2.5.1 Variables independientes: .....	27
2.5.2 Variable dependiente: .....	27
2.6 DEFINICIÓN DE VARIABLES .....	27
2.6.1 Variables Independientes .....	27
2.6.2 Variable Dependiente.....	27
METODOLOGÍA .....	28
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	28
3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA. ....	28
3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	28
3.3.1 Efecto de los extractos a diferentes concentraciones .....	28
3.3.2 Duración del efecto de los extractos con el paso del tiempo .....	29
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS ANALÍTICOS .....	29
3.4.1 Obtención de los extractos .....	29
3.4.2 Caracterización del extracto de albahaca .....	30
3.4.3 Muestreo de hongos .....	30
3.4.4 Aislamiento e identificación de hongos .....	30
3.4.5 Pruebas del efecto antifúngico del extracto .....	31

	<b>pág.</b>
3.4.6 Diseño estadístico .....	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1 Pruebas físicas .....	34
4.2 Cromatografía.....	34
4.3 Aislamiento e Identificación de hongos .....	35
4.4 Pruebas del efecto del extracto de albahaca a diferentes concentraciones .....	36
4.5 Efecto antifúngico de los extractos con el paso del tiempo.....	37
4.6 Pruebas realizadas con formaldehído al 50% .....	38
4.7 Tratamiento estadístico.....	39
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	50
5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	50
5.2 RECOMENDACIONES .....	51
BIBLIOGRAFÍA.....	52

## LISTA DE TABLAS

	<b>pág.</b>
Tabla 2.1 Humedad relativa recomendada para distintos materiales .....	17
Tabla 2.2. Principales productos utilizados como plaguicidas.....	19
Tabla 3.1. Formato de tabla para reporte de datos (concentración, hongos).....	29
Tabla 3.2 Formato de tabla para reporte de datos (tiempo, hongos) .....	29
Tabla 3.3 Formato de reporte de pruebas físicas.....	30
Tabla 4.1. Resultado de pruebas físicas .....	34
Tabla 4.2. Identificación de hongos luego de 7 días de incubación.....	35
Tabla 4.3. Pruebas del efecto del extracto de albahaca .....	36
Tabla 4.4 Efecto de los extractos con el paso del tiempo.....	37
Tabla 4.5 Pruebas realizadas con formaldehído al 50% .....	38
Tabla 4.6 Efecto del formaldehído con el paso del tiempo .....	39
Tabla 4.7 Efecto del extracto a distintas concentraciones.....	41
Tabla 4.8 Tiempo de duración del extracto de albahaca a distintas concentraciones .....	44
Tabla 4.9 Tamaño del halo producido por los extractos de albahaca y el Formaldehído. ....	46
Tabla 4.10 Tiempo de duración del efecto del extracto de albahaca y el formaldehído .....	48

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 2.1 Planta de albahaca.....	6
Figura 2.2 Estructura del equipo Soxhlet .....	11
Figura 2.3 Aislamiento colonias por estriado.....	25
Figura 2.4 Técnica de la cinta pegante .....	25
Figura 3.1 Microscopio de contraste .....	31
Figura 3.2 Diagrama de flujo del procedimiento utilizado .....	33
Figura 4.1 Efecto fungicida del extracto en la Iglesia El Sagrario .....	42
Figura 4.2 Efecto fungicida del extracto en el convento de Santa Catalina .....	42
Figura 4.3 Efecto fungicida del extracto en la torre del INPC .....	43
Figura 4.4 Tiempo de duración del efecto fungicida del extracto en la iglesia El Sagrario.....	45
Figura 4.5 Tiempo de duración del efecto fungicida del extracto en el convento de Santa Catalina.....	45
Figura 4.6 Tiempo de duración del efecto fungicida del extracto en la torre del INPC .....	46
Figura 4.7 Tamaño del halo producido por los extractos de albahaca y el formaldehído .....	47
Figura 4.8 Tiempo de duración del efecto del extracto de albahaca y el formaldehído .....	48

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Muestreo Iglesia El sagrario .....	55
Imagen A.1. Sotobanco calle lateral derecho .....	55
Imagen A.2. Retablo Virgen de Guadalupe .....	55
Imagen A.3. Sotobanco calle lateral izquierdo.....	56
Imagen A.4. Retablo Virgen del Cisne.....	56
Anexo B. Muestreo Convento de Santa Catalina .....	57
Imagen B.1. Cuadro Virgen del Rosario .....	57
Imagen B.2. Lateral Derecho .....	57
Imagen B.3. Parte posterior Cuadro Virgen del Rosario.....	58
Imagen B.4. Muestreo Convento de Santa Catalina.....	58
Imagen B.5. Portón lateral Señor de las Misericordias .....	59
Anexo C. Muestreo Instituto Nacional de Patrimonio Cultural .....	59
Imagen C.1. Torre del patio posterior INPC .....	59
Imagen C.2. Vigas de la torre del patio.....	60
Anexo D. Cromatografía .....	63
Anexo E. Hongos encontrados en el muestreo.....	62
Imagen E.1 Muestra 1 .....	62
Imagen E.2 Muestra 2 .....	62
Imagen E.3 Muestra 3 .....	62
Imagen E.4 Muestra 4 .....	63
Imagen E.5 Muestra 5 .....	63
Imagen E.6 Muestra 6 .....	63
Anexo F. Hongos aislados.....	64
Imagen F.1 Hongo 1.1 .....	64
Imagen F.2 Hongo 1.2.....	64
Imagen F.3 Hongo 2.1 .....	64

	<b>pág.</b>
Imagen F.4 Hongo 2.2.....	64
Imagen F.5 Hongo 2.3.....	65
Imagen F.6 Hongo 3.1.....	65
Imagen F.7 Hongo 3.2.....	65
Imagen F.8 Hongo 4.1.....	65
Imagen F.9 Hongo 4.2.....	66
Imagen F.10 Hongo 4.3.....	66
Imagen F.11 Hongo 5.1.....	66
Imagen F.12 Hongo 5.2.....	66
Imagen F.13 Hongo 5.3.....	67
Imagen F.14 Hongo 6.1.....	67
Imagen F.15 Hongo 6.2.....	67
Imagen F.16 Hongo 6.3.....	67
Anexo G. Identificación de hongos al microscopio .....	68
Imagen G.1. Hongo 1.1 <i>Penicillium</i> sp .....	68
Imagen G.2. <i>Penicillium</i> sp. microscópicamente 40x .....	68
Imagen G.3. Hongo 1.2: <i>Penicillium</i> .....	68
Imagen G.4. <i>Penicillium</i> microscópicamente 40x.....	68
Imagen G.5. Hongo 2.1: <i>Aspergillus candidus</i> .....	69
Imagen G.6. <i>Aspergillus candidus</i> microscópicamente 100x .....	69
Imagen G.7. Hongo 2.2: <i>Aspergillus Penicillium</i> .....	69
Imagen G.8. <i>Aspergillus Penicillium</i> microscópicamente 40x .....	69
Imagen G.9. Hongo 2.3: <i>Aspergillus aculeatus</i> .....	70
Imagen G.10. <i>Aspergillus aculeatus</i> microscópicamente 40x.....	70
Imagen G.11. Hongo 3.1: <i>Penicillium</i> .....	70
Imagen G.12. : <i>Penicillium</i> microscópicamente 40x .....	70
Imagen G.13. Hongo 3.2: <i>Penicillium citroenigrum</i> .....	71

	<b>pág.</b>
Imagen G.14. <i>Penicillium citroenigrum</i> microscópicamente 40x .....	71
Imagen G.15. Hongo 4.1: <i>Aspergillus</i> .....	71
Imagen G.16. : <i>Aspergillus</i> microscópicamente 40x .....	71
Imagen G.17. Hongo 4.2: <i>Penicillium</i> .....	72
Imagen G.18. <i>Penicillium</i> microscópicamente 40x.....	72
Imagen G.19. Hongo 4.3: <i>Acremonium</i> .....	72
Imagen G.20. <i>Acremonium</i> microscópicamente 40x .....	72
Imagen G.21. Hongo 5.1: <i>Penicillium</i> .....	73
Imagen G.22. : <i>Penicillium</i> microscópicamente 40x .....	73
Imagen G.23. Hongo 5.2: <i>Acremonium</i> .....	73
Imagen G.24. <i>Acremonium</i> microscópicamente 40x .....	73
Imagen G.25. Hongo 5.3: <i>Acremonium</i> . .....	74
Imagen G.26. <i>Acremonium</i> microscópicamente 40x .....	74
Imagen G.27. Hongo 6.1: <i>Alternaria alternata</i> .....	74
Imagen G.28. <i>Alternaria alternata</i> microscópicamente 40x .....	74
Imagen G.29. Hongo 6.2: <i>Penicillium</i> .....	75
Imagen G.30. <i>Penicillium</i> microscópicamente 40x.....	75
Imagen G.31. Hongo 6.3: <i>Tricoderma</i> .....	75
Imagen G.32. <i>Tricoderma</i> microscópicamente 40x .....	75
Anexo H. Pruebas realizadas con extracto de albahaca a distintas concentraciones.....	76
Imagen H.1 <i>Penicillium</i> .....	76
Imagen H.2 Extracto de albahaca al 100%.....	76
Imagen H.3 Extracto de albahaca al 75% .....	76
Imagen H.4 Extracto de albahaca al 50% .....	76
Imagen H.5 <i>Penicillium</i> .....	76
Imagen H.6 Extracto de albahaca al 100%.....	76
Imagen H.7 Extracto de albahaca al 75% .....	76



	<b>pág.</b>
Imagen H.8 Extracto de albahaca al 50% .....	76
Imagen H.9 <i>Aspergillus candidus</i> .....	77
Imagen H.10 Extracto de albahaca al 100%.....	77
Imagen H.11 Extracto de albahaca al 75%.....	77
Imagen H.12 Extracto de albahaca al 50%.....	77
Imagen H.13 <i>Aspergillus Penicillium</i> .....	77
Imagen H.14 Extracto de albahaca al 100%.....	77
Imagen H.15 Extracto de albahaca al 75%.....	77
Imagen H.16 Extracto de albahaca al 50%.....	77
Imagen H.17 <i>Aspergillus aculeatus</i> .....	78
Imagen H.18 Extracto de albahaca al 100%.....	78
Imagen H.19 Extracto de albahaca al 75%.....	78
Imagen H.20 Extracto de albahaca al 50%.....	78
Imagen H.21 <i>Penicillium</i> .....	78
Imagen H.22 Extracto de albahaca al 100%.....	78
Imagen H.23 Extracto de albahaca al 75%.....	78
Imagen H.24 Extracto de albahaca al 50%.....	78
Imagen H.25 <i>Penicillium citroenigrum</i> .....	79
Imagen H.26 Extracto de albahaca al 100%.....	79
Imagen H.27 Extracto de albahaca al 75%.....	79
Imagen H.28 Extracto de albahaca al 50%.....	79
Imagen H.29 <i>Aspergillus</i> .....	79
Imagen H.30 Extracto de albahaca al 100%.....	79
Imagen H.31 Extracto de albahaca al 75%.....	79
Imagen H.32 Extracto de albahaca al 50%.....	79
Imagen H.33 <i>Penicillium</i> .....	80
Imagen H.34 Extracto de albahaca al 100%.....	80

	<b>pág.</b>
Imagen H.35 Extracto de albahaca al 75% .....	80
Imagen H.36 Extracto de albahaca al 50% .....	80
Imagen H.37 Acremonium .....	80
Imagen H.38 Extracto de albahaca al 100% .....	80
Imagen H.39 Extracto de albahaca al 75% .....	80
Imagen H.40 Extracto de albahaca al 50% .....	80
Imagen H.41 Penicillium .....	81
Imagen H.42 Extracto de albahaca al 100% .....	81
Imagen H.43 Extracto de albahaca al 75% .....	81
Imagen H.44 Extracto de albahaca al 50% .....	81
Imagen H.45 Acremonium .....	81
Imagen H.46 Extracto de albahaca al 100% .....	81
Imagen H.47 Extracto de albahaca al 75% .....	81
Imagen H.48 Extracto de albahaca al 50% .....	81
Imagen H.49 Acremonium .....	82
Imagen H.50 Extracto de albahaca al 100% .....	82
Imagen H.51 Extracto de albahaca al 75% .....	82
Imagen H.52 Extracto de albahaca al 50% .....	82
Imagen H.53 Alternaria alternata .....	82
Imagen H.54 Extracto de albahaca al 100% .....	82
Imagen H.55 Extracto de albahaca al 75% .....	82
Imagen H.56 Extracto de albahaca al 50% .....	82
Imagen H.57 Penicillium .....	83
Imagen H.58 Extracto de albahaca al 100% .....	83
Imagen H.59 Extracto de albahaca al 75% .....	83
Imagen H.60 Extracto de albahaca al 50% .....	83
Imagen H.61 Tricoderma .....	83

	<b>pág.</b>
Imagen H.62 Extracto de albahaca al 100% .....	83
Imagen H.63 Extracto de albahaca al 75% .....	83
Imagen H.64 Extracto de albahaca al 50% .....	83
Anexo I. Pruebas realizadas con formaldehído al 50% de concentración.....	84
Imagen I.1 <i>Penicillium</i> sp. con formaldehído al 50% .....	84
Imagen I.2. <i>Penicillium</i> con formaldehído al 50% .....	84
Imagen I.3. <i>Aspergillus candidus</i> con formaldehído al 50% .....	84
Imagen I.4. <i>Aspergillus Penicillium</i> con formaldehído al 50% .....	85
Imagen I.5. <i>Aspergillus aculeatus</i> con formaldehído al 50% .....	85
Imagen I.6. <i>Penicillium</i> con formaldehído al 50% .....	85
Imagen I.7. <i>Penicillium citroenigrum</i> con formaldehído al 50% .....	86
Imagen I.8. <i>Aspergillus</i> con formaldehído al 50% .....	86
Imagen I.9. <i>Penicillium</i> con formaldehído al 50% .....	86
Imagen I.10. <i>Acremonium</i> con formaldehído al 50% .....	87
Imagen I.11. <i>Penicillium</i> con formaldehído al 50% .....	87
Imagen I.12 <i>Acremonium</i> con formaldehído al 50% .....	87
Imagen I.13. <i>Acremonium</i> con formaldehído al 50% .....	88
Imagen I.14 <i>Alternaria alternata</i> con formaldehído al 50% .....	88
Imagen I.15 <i>Penicillium</i> con formaldehído al 50% .....	88
Imagen I.16 <i>Tricoderma</i> con formaldehído al 50% .....	89

## RESUMEN DOCUMENTAL

A partir de la necesidad por encontrar una nueva alternativa para el control de insectos, plagas y reemplazar a los fungicidas sintéticos, aparecen los fungicidas orgánicos o naturales. Los fungicidas naturales son un grupo de sustancias o materias activas de tipo orgánico, biodegradable, no contaminante del medio ambiente, con impacto ambiental muy bajo capaz de controlar las enfermedades provocadas por los hongos.

Muchas plantas tienen la propiedad de sintetizar metabolitos secundarios que poseen características biológicas con acción insecticida y antifúngica. Una de estas plantas es la Albahaca (*Ocimum basilicum* L.) utilizada por mucho tiempo para repeler los mosquitos, a los que parece ser les disgusta el olor penetrante que desprende la planta.

En el presente trabajo se utilizó el extracto de albahaca a diferentes concentraciones sobre muestras de bienes culturales maderosos para comprobar la actividad antifúngica de la albahaca.

Se identificaron 16 tipos de hongos, que al ser tratados con el extracto de albahaca a 3 concentraciones diferentes (100%, 75%, 50%), el mejor efecto fungicida se obtuvo con el hongo *Aspergillus Penicillium* con una duración promedio de 18 días, en la iglesia El Sagrario, y en el convento de Santa Catalina con en el género *Penicillium*. con un promedio de 28 días.

## PALABRAS CLAVE

ALBAHACA (*Ocimum basilicum*), ANTIFÚNGICA *Aspergillus Penicillium*, BIENES CULTURALES, FUNGICIDAS, HONGOS, INSECTICIDA, MEDIO AMBIENTE, *Penicillium*

## **ABSTRACT**

From the need to find a new alternative for the control of insects, pests and replace synthetic fungicides, fungicides are organic or natural. Natural fungicides are a group of substances or active ingredients of organic, biodegradable, environmentally clean, with very low environmental impact can control diseases caused by fungi.

Many plants have the property of synthesizing secondary metabolites which possess biological insecticide and antifungal action. One of these plants is the Basil (*Ocimum basilicum* L.) long used to repel mosquitoes, which seems to dislike the pungent odor given off by the plant.

In this paper we used the basil extract at different concentrations on woody cultural samples to test the antifungal activity of basil.

We identified 16 types of fungi, which when treated with the extract of basil at 3 different concentrations (100%, 75%, 50%), the best fungicidal effect was obtained with the fungus *Aspergillus Penicillium* with an average duration of 18 days, the tabernacle in the church, and the convent of Santa Catalina in the genus *Penicillium*. with an average of 28 days.

## **KEYWORDS**

Basil (*Ocimum basilicum*), *Aspergillus Penicillium* antifungal, cultural goods, fungicide, fungus, insecticide, environment, *Penicillium*

## **CAPÍTULO I**

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Las amenazas naturales de los bienes culturales, son las mismas a las que están expuesta toda la materia que existe en la tierra, durante el ciclo continuo de desintegración y reconstrucción. Existen una serie de factores que determinan el deterioro de estos bienes tales como, humedad, temperatura, luz, oxígeno, contaminación atmosférica, entre otros.

Gran parte de las colecciones que se exhiben en los museos e iglesias de Quito son de naturaleza orgánica, caracterizándose por su alta higroscopicidad. Esta propiedad aumenta especialmente, cuando los objetos son expuestos a una insuficiente ventilación y a una humedad relativa superior al 65%. Estas son condiciones propicias para el desarrollo de especies de microorganismos e insectos que pueden contribuir a la pérdida irreparable de piezas históricas en un corto periodo de tiempo. Los microorganismos digieren, manchan, debilitan, transportan humedad y atraen plagas de insectos al modificar y aumentar el valor nutritivo de un objeto. Además de los efectos patógenos de la infección, las bacterias y los hongos constituyen, a través de elevadas concentraciones o exposiciones críticas que provocan condiciones respiratorias alérgicas y severas, que son un riesgo para la salud de los seres humanos. El género *Aspergillus* es uno de los de mayor interés ya que aparte de deteriorar los bienes produciendo manchas negras en la superficie, posee especies que son capaces de provocar una gran cantidad de afectaciones-enfermedades tales como alergias, sinusitis, otitis, etc.

### **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La caracterización y uso del extracto de albahaca como fungicida en bienes patrimoniales maderosos de Quito DM., en su conservación mediante productos naturales como alternativos a los productos químicos existentes en el mercado responsables de impacto ambiental y fomento del completo estado de bienestar y la calidad de vida de toda la población humana en su contexto de aplicación en relación con el medio, sus causas, desarrollo y consecuencias.

### **1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar químicamente al extracto de albahaca como fungicida, sus causas, desarrollo y consecuencias; orientado a su aprovechamiento no convencional, en la conservación de bienes patrimoniales maderosos de Quito D.M.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar el género de hongos degradantes en maderas de iglesias del patrimonio histórico de Quito DM.;
- Extraer el aceite esencial de las hojas de *Ocimum basilicum L.*, mediante Soxhlet, su caracterización mediante pruebas físico-químicas y la determinación de la concentración de extracto más efectivo según estudios in vitro;
- Comparar el efecto fungicida del extracto obtenido frente a un fungicida de uso comercial.

### **1.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN**

Los hongos constituyen uno de los agentes biológicos más agresivos contra las obras de arte que pueden ser de papel, al óleo tela, óleo papel, acuarela, esculturas, maderas, etc. El género *Aspergillus* es considerado uno de los principales responsables del biodeterioro ambiental. De hecho este ha sido aislado del suelo, aire, vegetación y materiales como el papel, madera, textiles, pieles, pinturas, gomas, plásticos, vidrio, productos farmacéuticos industriales, etc. El género *Penicillium* también es muy amplio, casi todas sus especies crecen en una gran variedad de sustratos y producen diferentes productos de mezclas ácidas que dañan a las colecciones de arte. Aunque podemos decir que es una de las causas de daños más serias y menos tomadas en cuenta en materiales de archivos, bibliotecas y museos (González, 2009).

Dentro de los métodos de desinfección y desinsectación de bienes culturales, se han venido aplicando numerosos procedimientos; el más común de ellos ha sido la fumigación en cámaras con óxido de etileno, que puede provocar reacciones químicas deterioradoras significativas como reacción con los grupos sulfidrilos, de las proteínas y con los carbonilos e hidroxilos de las celulosas, también reacciona con compuestos metálicos, especialmente con el cobre, además de ser altamente tóxico. Otro compuesto muy utilizado es el formaldehído, el que es aplicado por

nebulización que tiene poder de penetración escaso, con efecto fungicida limitado y sin eficacia insecticida, considerado altamente tóxico y con efectos cancerígenos (García, N.V. 2002).

Es por esto y otras razones que se ha visto la necesidad de utilizar fungicidas de tipo orgánico biodegradables, no contaminantes del medio ambiente con impacto ambiental muy bajo. Actúan sobre hongos a muy baja concentración, algunos son muy específicos y atacan solo a determinadas especies. Se pueden hacer preparados artesanales si se cuenta con la planta que contiene el compuesto activo, siendo de bajo costo y fácil acceso.

Quito, es una ciudad que por sus grandes edificios religiosos, por las riquezas de sus retablos barrocos, la policromía de sus imágenes, el valor técnico de sus pinturas, esculturas y artesanías de artistas como Miguel de Santiago, Nicolás Javier Gorívar, Padre Bedón, Diego de Robles, Manuel Samaniego, Padre Carlos, Manuel Chili (Caspicara), Antonio Salas, José Olmos (Pampite) Bernardo Legarda y demás que han formado la famosa "Escuela Quiteña" de Pintura, Escultura y Artesanías, misma que tuvo decidida influencia en el desarrollo de las artes españolas coloniales en Sudamérica. Los templos, conventos, monumentos arquitectónicos e imágenes, son reliquias intactas del arte de épocas históricas que recogen identidades trascendentales de la historia ecuatoriana en sus diversas fases. Esta ciudad por estas y otras consideraciones, ha sido declarada "patrimonio cultural de la humanidad" en 1978. En dicho patrimonio cultural se fundamentan las características de nuestra nación; gracias a él nos identificamos como ecuatorianos-as. Al propio tiempo, con los logros culturales de nuestro pueblo, alcanzados a lo largo de su milenaria historia, ofrecemos una valiosa contribución al patrimonio cultural del Continente y del Mundo.

El Instituto Nacional de Patrimonio Cultural –INPC– es una Entidad del Sector Público con ámbito nacional, encargada de investigar, normar, regular, asesorar y promocionar las políticas sectoriales de la gestión patrimonial, para la preservación, conservación, apropiación y uso adecuado del patrimonio material e inmaterial. Uno de los objetivos primordiales del INPC es consolidarse como un centro de investigación especializado, con una alta capacidad científico-técnica, que permita el estudio, análisis y aplicación de teorías, metodologías y técnicas para: catalogar, documentar, proteger y potenciar los bienes patrimoniales, con la finalidad de difundir y lograr la concienciación de los diversos actores involucrados, sobre la importancia y preservación del patrimonio cultural para beneficio de las presentes y futuras generaciones. Es así que se elaboró en coordinación con la SENESCYT, el programa de investigación en "Conservación del patrimonio cultural, como un conjunto estructurado y coherente de proyectos encaminados a obtener insumos que garanticen un correcto diagnóstico y análisis de los bienes patrimoniales, con miras a su conservación y con un claro enfoque científico en estos procesos".



Dentro de este programa se encuentra el proyecto: “Desarrollar y evaluar nuevos materiales y procedimientos para la conservación del patrimonio cultural, que no modifiquen la naturaleza de los bienes culturales, que sean reversibles y que no afecten al ambiente”; en este proyecto se proponen ensayos con diferentes plantas con actividad antimicótica, utilizadas en el control del biodeterioro que afecta al patrimonio cultural.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

Los productos sintéticos destinados a controlar plagas y enfermedades en las plantas han producido un incremento de la producción agrícola. Sin embargo el uso continuo, indiscriminado y sin previa asistencia técnica de estas sustancias, en vez de resolver el problema, ha producido fuertes daños a la productividad de la agricultura, al ser humano y a la naturaleza, acumulándose por bioconcentración en los distintos eslabones de la cadena alimenticia, en el suelo y en el agua. A partir de la necesidad por encontrar una nueva alternativa natural para el control de insectos, plagas y reemplazar así los pesticidas sintéticos, aparecen los insecticidas orgánicos ofreciendo seguridad para el medio ambiente. Muchas plantas son capaces de sintetizar metabolitos secundarios que poseen propiedades biológicas con importancia contra insectos y plagas. La selección de plantas que contengan metabolitos secundarios capaces de ser utilizados como insecticidas naturales deben ser de fácil cultivo y con principios activos potentes, con alta estabilidad química y de óptima producción. Una de estas plantas es la Albahaca (*Ocimum basilicum L.*) utilizada por mucho tiempo para repeler los mosquitos, a los que parece ser que les disgusta el olor penetrante que desprende la planta. Una variedad de albahaca conocida como “sanialbahaca”, es utilizada para tratar infecciones respiratorias en regiones amazónicas de América del Sur, México y el Caribe. Se determinó la composición química del aceite esencial de las hojas de dicha planta, y también se la enfrentó a bacterias como *Klebsiella pneumoniae*, *S. aureus*, *E. coli*, *Bacillus cereus*, *Shigella sp.*, y hongos del género *Aspergillus*, confirmándose que dicho aceite puede ser considerado como un buen agente antibacteriano y antifúngico. (Fuertes y col., 1997). El Instituto Nacional de Patrimonio Cultural (INPC) se encuentra comprometido no solo en preservar nuestro patrimonio material, también se propuso proteger el medio ambiente, por lo que en uno de sus proyectos de investigación se pretende averiguar si a partir de la albahaca se puede obtener un fungicida que sustituya a los químicos existentes en el mercado que en su mayoría son nocivos para la naturaleza.

#### 2.1 BIOLOGÍA DE *Ocimum basilicum L.* (ALBAHACA)

Llamada albahaca, bacílico, alfábega, hierva real, hierba de los reyes. Planta aromática originaria de la India (simboliza al dios Vishnu). Los griegos la introdujeron en Europa hace más de 2.000 años; existe alrededor de 30 especies que crecen espontáneamente en varias regiones del mundo e incluye un gran número de subespecies y variedades que son producto de una abundante

polinización cruzada. Es muy resistente a plagas y enfermedades, siendo la hormiga y ocasionalmente alguna oruga las que pueden ocasionar graves daños.

Herbácea, pertenece a la familia “labiatae”, anual, de hasta 50 cm de altura; expele un intenso olor aromático característico, semejante al del clavo de olor. Las hojas de 2 a 5 cm son suaves, oblongas ligeramente dentadas, flores blancas o tenuemente rosadas dispuestas en espigas alargadas, florece en verano. Un cultivo que asegure una abundante cosecha es aquel que tenga una regular precipitación durante el periodo de crecimiento y poca lluvia durante el periodo de cosecha, bastante luz solar y que se adapte a una amplia variedad de suelos fácilmente drenables y sueltos.



**Figura 2.1**Planta de albahaca  
**Por: huertotochtli (2012), Albahaca ficha técnica**

La albahaca puede ser plantada de forma manual o mecánica a una profundidad de 10 a 15 cm., obteniéndose plantas de entre 50 y 90 cm, durante todo el año siempre que se cuente con regadío en época de sequía, poca lluvia durante el periodo de cosecha y bastante luz solar.

El trasplante o replantación, se lo realiza a los 20 días de la plantación cuando la planta tiene unos 10 cm de altura, a una distancia de 50 cm entre surcos y 30 cm entre plantas, en el caso de existir escases de riego o bajas temperaturas se puede realizar el trasplante a macetas de esta manera se puede controlar el riego y las plantas permanecen protegidas de bajas temperaturas.

Al mes del trasplante, se podan las extremidades para favorecer el desarrollo de yemas laterales.

La cosecha se la realiza entre los 90 y 110 días después de plantada puede ser de forma manual o mecánica, el corte se lo hace a una altura de 10 a 15 cm. sobre la superficie del suelo, debe dejarse parte del área foliar para garantizar el rebrote de las ramas evitando que se formen los racimos florales en el extremo de las ramitas y se seque la planta. La albahaca es capaz de producir rendimiento de masa verde del orden de las 20 t/ha año en dos cortes (12t/hay 8t/ha respectivamente) y de 40 Kg/ha de aceite esencial.

A continuación se describe algunos sitios identificados de cultivo de albahaca en Ecuador.

<b>Provincia</b>	<b>Productores/Procesadores</b>
Loja	ILE
Chimborazo	CEDEIN, ERPE
Bolívar	Casa Cayambe
Imbabura	AGROALEGRE
Pichincha	Asociación Mujeres de Olmedo
Tungurahua	Aromas del Tungurahua (NASTAR, 2009)

En los aceites esenciales de la albahaca se han encontrado compuestos biológicamente activos que han presentado propiedades alelopáticas, antibacterial, antioxidante, nematocidal y antifúngica, entre otras, por lo que es empleada-aplicada en jaquecas de origen nervioso o digestivo, como sedante, desinflamante de aftas y pezones irritados. Activa el sistema inmunológico y aumenta los anticuerpos; combate el acné, en productos para uso oral y enjuagues bucales; es cicatrizante, analgésica, antiséptica y actúa contra las inflamaciones ósteo-articulares. Usualmente es estimulante, pero ejerce un efecto estupefaciente cuando se lo utiliza en exceso. Además las hojas frescas y secas pueden ser usadas en culinaria como saborizantes o especias en salsas, aderezos de ensaladas, en confitería.

## 2.2 CARACTERIZACIÓN DEL EXTRACTO DE *Ocimum basilicum*

### 2.2.1 ACEITES ESENCIALES

Se ha comprobado *in vitro* su actividad antimicótica; el extracto acuoso es activo contra *S. aureus*; el aceite esencial es activo contra patógenos humanos como bacterias (*E. coli*, *P. aeruginosa*), hongos (*C. albicans*) y hongos fitopatógenos (*Alternaria* sp., *Penicillium digitatum*) entre otros. (Sánchez Govín 2000).

En el documento científico “Instructivo técnico del cultivo de albahaca en Cuba”, se clasifica el aceite esencial de albahaca por su composición química antes que por su origen botánico, con este criterio se tienen cuatro grandes grupos:

Grupo I. Tipo Europeo. Rico en Metilchavicol y Linalol; sin alcanfor. Representa el aceite de mejor calidad por su fino olor.

Grupo II. Tipo Reunión. Rico Metilchavicol y Alcanfor sin Linalol.

Grupo III. Tipo Cinamato de Metilo. Rico en Metilchavicol, Linalol y Cinamato de Metilo.

Grupo IV. Tipo Eugenol. Rico en Eugenol.

Los aceites esenciales contienen compuestos aromáticos muy volátiles, los cuales son responsables de los olores y sabores característicos de las plantas, son mezclas de sustancias químicas complejas de hasta más de 100 componentes, que pueden ser compuestos alifáticos de bajo peso molecular (alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos), monoterpenos, sesquiterpenos, fenilpropanos, metil-chavicol (estragol), cinamato de metilo, metileugenol, eugenol, linalol y geraniol, generalmente líquidos de apariencia oleosa pudiendo también ser semisólido o incluso sólidos, que tienen como característica su fuerte carácter aromático, en su mayoría son de olor agradable, aunque existen algunos que contienen compuestos azufrados de olor desagradable como por ejemplo los de ajo y la cebolla.

No todas las plantas presentan estas sustancias y hay algunas que tienen una concentración muy baja que resulta imposible su extracción. De las millones de plantas que habitan el planeta, se conocen apenas alrededor de 4000 aceites esenciales distintos, y de estos no superan los 200 los que presentan un interés comercial. Algunas de las fuentes más conocidas de aceites esenciales son: almendras, anís, clavos, cúrcuma, eucalipto, ajo, jazmín, naranja, pimienta, rosa, sándalo, albahaca, violeta, eneldo, hierba buena, lavanda, entre otras, las familias ricas en esencias son: las pináceas, lauráceas, mirtáceas, labiáceas, umbelíferas, rutáceas y compuestas (Anderson Guarnizo Franco, Pedro Nel Martínez Yepes. 2009).

Los compuestos de los aceites esenciales a menudo se encuentran en las hojas, flores, frutos y dependiendo de la planta se utilizan las raíces.

Las esencias tienen numerosas aplicaciones industriales entre las que se destacan las siguientes:

- Industria cosmética y farmacéutica: como perfumes, conservantes, saborizantes, principios activos, etc.
- Industria alimenticia: como saborizantes para todo tipo de bebidas, helados, galletas, golosinas, productos lácteos, etc.
- Industria de productos de limpieza: como fragancias para jabones, detergentes, desinfectantes, productos de uso hospitalario, etc.
- Industria de plaguicidas: como agentes pulverizantes, atrayentes y repelentes de insectos, etc.

## **2.2.2 MÉTODOS Y FACTORES QUE INFLUYEN EN LA OBTENCIÓN DE EXTRACTOS**

Existen varias formas de obtener los aceites esenciales, entre los principales tenemos: extracción mecánica, destilación, extracción con fluidos supercríticos, extracción con solventes volátiles, extracción continua o progresiva y extracción discontinua.

### **2.2.2.1 Extracción Mecánica**

La extracción mecánica se la realiza por expresión, que consiste en ejercer una presión sobre el material vegetal exprimiéndolo por calor y mediante incisiones por las que fluyen los exudados de la planta. Esta técnica permite obtener los principios activos disueltos en los fluidos propios de la planta.

### **2.2.2.2 Destilación**

Es una técnica que se basa en la diferencia de volatilidad de los principios activos de la planta, lo cual permite la separación de estos compuestos de otros componentes químicos de la planta que son menos o nada volátiles. Generalmente, se utiliza la destilación por arrastre de vapor, como uno de los principales procesos utilizados para la extracción de aceites esenciales, esto se debe a que las esencias están constituidos químicamente por terpenoides (monoterpenos, sesquiterpenos, diterpenos, etc.) y fenilpropanoides, compuestos que son volátiles y por lo tanto arrastrables por vapor de agua. Esta técnica consiste en colocar la muestra en un alambique y someterla a una corriente de vapor saturado o sobrecalentado. La esencia, así arrastrada, es posteriormente condensada, recolectada y separada por diferencia de densidad de la fracción acuosa

### **2.2.2.3 Extracción con fluidos supercríticos**

Un fluido supercrítico es una sustancia, mezcla o elemento que, mediante operaciones mecánicas, se sitúa por encima de su punto crítico. En estas condiciones presenta un gran poder disolvente y una enorme capacidad de penetración en sólidos, lo que permite el agotamiento rápido y,

prácticamente, total del material crudo. El proceso consiste en colocar el material vegetal molido en una cámara de acero inoxidable y hacer circular, a través de la muestra, un fluido en estado supercrítico. Los principios activos son así solubilizados y arrastrados por el mismo, que luego es separado modificando la presión o la temperatura. Finalmente, se obtiene un extracto y un solvente que puede ser reciclado.

#### 2.2.2.4 Extracción con solventes volátiles

La extracción con solventes es una de las técnicas que se emplea con más frecuencia para la obtención de principios activos, es una operación de transferencia de masa, consiste en la separación de los principios activos de la planta al ponerla en contacto con un solvente o la mezcla de ellos, tales como alcohol, cloroformo, benceno, acetona, etc., capaz de solubilizar dichos principios, estos deben pasar de la planta al disolvente de manera que se obtenga un extracto líquido y un residuo, a este tipo de extracción se la llama extracción sólido-líquido, está basado en el hecho de que los solventes volátiles penetran rápidamente en las distintas partes de la planta y disuelven juntamente con las ceras y algunas materias colorantes, casi todas las sustancias odoríferas naturales, obteniéndose al final una esencia impura. En una extracción siempre se obtienen por lo menos dos componentes: la solución extraída en su disolvente llamada extracto y el residuo.

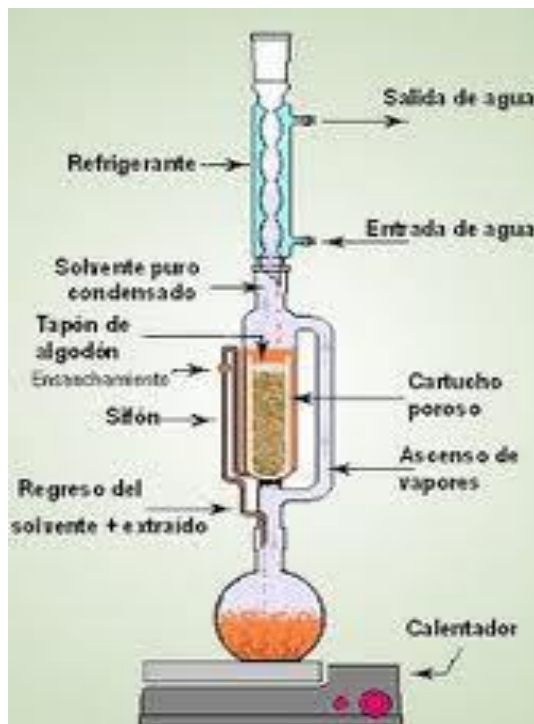
Los métodos de extracción con solventes dividirse en dos grupos: las extracciones continuas o progresivas y las extracciones discontinuas.

- Extracción continua o progresiva

En la extracción continua, el solvente se va renovando o recirculando y actúa sobre la planta en una sola dirección. Mediante estos procedimientos se puede llegar a la extracción prácticamente completa de los principios activos de las plantas.

La percolación, la repercolación y el soxhlet, son los métodos que pertenecen a este grupo siendo la extracción “soxhlet” la más utilizada, el cual es un equipo de extracción continua, que consta de un refrigerante, un cuerpo extractor y un balón, donde una de las fases, el sustrato, se agrega solo al principio en un cartucho y este se coloca en el cuerpo extractor, mientras que el solvente contenido en el balón se lleva a ebullición y sus vapores ascienden hasta el refrigerante, donde se condensan; el condensado cae sobre la muestra, y la macera hasta cuando el cuerpo extractor se llena y el extracto sifonea por el tubo lateral, para desembocar en el balón evaporador, cumpliendo un ciclo de extracción y purificación continua, extrayendo de la mezcla los componentes más solubles, con este lavado sucesivo se puede extraer de la mezcla componentes cuya solubilidad en el solvente es muy baja, debido al efecto acumulado de las múltiples extracciones.

La purificación se realiza en forma paralela por destilación del solvente, de manera que el sustrato siempre está en contacto con el solvente puro. Se utiliza a nivel de laboratorio pues a nivel industrial resulta costoso por el valor de los disolventes.



**Figura 2.2 Estructura del equipo Soxhlet**

Por: Química Gris (2009), EQUIPO SOXHLET

- Extracción discontinua

En este tipo de extracciones el disolvente no se renueva por lo que el traspaso del principio activo de la planta hacia el disolvente termina cuando se igualan las concentraciones entre ambos medios, usualmente se las realiza en embudos de separación, al agitar el compuesto se incrementa el contacto de las fases, facilitando la separación de las fases inmiscibles en el disolvente, de esta forma los analitos de baja polaridad pasan a la fase orgánica, las extracciones discontinuas pueden ser simples o múltiples según se realice una o varias veces el proceso, obteniéndose mejores resultados realizando extracciones múltiples.

#### 2.2.2.5 Factores que interfieren en una extracción

La extracción propiamente dicha envuelve la separación de las sustancias biológicamente activas de los materiales inertes o inactivos de una planta, a partir de la utilización de un disolvente seleccionado y de un proceso de extracción adecuado, además existen una serie de factores que deben tomarse en cuenta para obtener una extracción de alto rendimiento y sin impurezas, entre los



principales factores tenemos: superficie de la partícula, agitación, temperatura, pH, naturaleza del solvente y tiempo de extracción.

- Superficie de la partícula. En la teoría la eficiencia del proceso extractivo sería mayor cuanto menor sea el tamaño de las partículas, ya que así se obtiene una mayor área de contacto con el solvente, pero en la práctica, la presencia de partículas muy finas dificulta los procesos de percolación, pues se presenta compactación y formación de falsas vías, y los procesos de maceración, en donde las partículas pasan al extracto, haciendo necesaria la realización de la etapa adicional de filtración, la cual no siempre es de fácil ejecución. Por otro lado, la penetración del solvente en fragmentos mayores de la materia prima es lenta y la salida de las sustancias extraíbles es difícil. Por esta razón, se recomienda la utilización de polvos moderadamente gruesos para la gran mayoría de las materias primas.
- Agitación. La eficiencia del proceso extractivo es función del equilibrio de saturación del solvente. La agitación hace que nuevas cantidades de solvente, pobre en las sustancias extraíbles, entren en contacto con el sólido y un nuevo punto de equilibrio de saturación sea alcanzado. El movimiento del líquido, con ayuda de bombas para la recirculación del solvente o agitadores mecánicos, desplaza el equilibrio en el sentido de la saturación del solvente, aumentando la eficiencia del proceso.
- Temperatura. La disolución de las sustancias extraíbles es facilitada por el aumento de la temperatura; de la misma manera que la agitación, la temperatura contribuye al desplazamiento de la constante de equilibrio de saturación y aumenta la eficiencia del proceso. Sin embargo, muchos principios activos son termolábiles y pueden ser destruidos, total o parcialmente, a temperaturas elevadas. El aumento de la temperatura también puede causar la pérdida de sustancias volátiles, como por ejemplo, los componentes de aceites esenciales.
- pH. El pH influye en la solubilidad de diversos compuestos ya que permite la posibilidad de formación de sales. La obtención de alcaloides constituye un ejemplo clásico de la influencia del pH en el proceso de extracción. La extracción de alcaloides con solventes orgánicos de baja polaridad exige un pre-tratamiento con soluciones alcalinas, buscando con esto liberar los alcaloides de sus sales y, así, volverlos solubles en el solvente orgánico.
- Naturaleza del solvente. Dependiendo de la finalidad deseada, el solvente utilizado extrae, selectivamente o no, cierta clase de compuestos. Entre los solventes generales, los más utilizados son los alcoholes alifáticos de hasta 3 carbonos o mezclas de éstos con el agua. Estos solventes logran extraer la gran mayoría de las sustancias naturales de interés como los alcaloides, los flavonoides, los glicósidos cardiotónicos y los terpenos.

Cuando no existen estudios específicos, se recomienda utilizar la mezcla de alcohol: agua 7:3 ó 8:2 para la extracción de las partes leñosas de la planta, raíces y semillas, mientras la proporción de 1:1 es recomendada para extraer las hojas o las partes aéreas verdes, ya que en esta concentración se evita la extracción de la clorofila y de las sustancias polimerizadas.

- **Tiempo de Extracción.** El tiempo de extracción se determina experimentalmente en función del solvente y del equipo seleccionado. Esta variable es resultante de todos los factores mencionados previamente. El tiempo de extracción debe ser suficiente para permitir la separación de los compuestos de interés, aunque se debe prestar cuidado para que no sea excesivo. Prolongar el tiempo de extracción más allá del estrictamente necesario, no influye en el proceso negativamente, pero sí influye en los costos del consumo de energía y de mano de obra no necesaria, lo que acarrea un encarecimiento del proceso industrial.

#### 2.2.2.6 Propiedades Físicas

En el extracto obtenido se determinará algunas propiedades físicas que nos ayudarán en su caracterización, como: pH, índice de refracción y solubilidad.

- **El pH.** Los aceites esenciales presentan pH cercanos a 5 (máximo 5,8), esta acidez constituye otra característica de su actividad bactericida.
- **Índice de refracción.** El índice de refracción  $n$ , es un parámetro propio de cada medio que indica el comportamiento de la luz al atravesarlo, es una característica constante para el medio considerado y se emplea en la identificación y determinación de la pureza de sustancias y para el análisis de la composición de mezclas binarias homogéneas de constituyentes conocidos. En su mayoría las esencias vegetales presentan índices de refracción entre 1,40 y 1,61 a 20°C.
- **Solubilidad.** La solubilidad es la capacidad de una sustancia llamada, soluto, para disolverse en otra llamada solvente. Se mide en términos de cantidad máxima de soluto disuelto en un solvente en equilibrio, ciertos líquidos son solubles en todas las proporciones con un solvente dado, por ejemplo etanol en agua. Se conoce esta característica como miscibilidad.

#### 2.2.2.7 Cromatografía

La cromatografía se define como la separación de una mezcla de dos o más compuestos por distribución entre dos fases, una de las cuales es estacionaria y la otra una fase móvil llamada también eluyente o activa, que transporta las sustancias que se separan y que progresa en relación con la estacionaria. La fase móvil puede ser un líquido o un gas y la estacionaria puede ser un sólido o un líquido.

Bajo unas determinadas condiciones experimentales, un compuesto dado puede recorrer una cierta distancia a lo largo de la placa. A esta distancia se la denomina RF que es la relación existente entre la distancia recorrida por el compuesto y la recorrida por el disolvente en el mismo tiempo, es decir:

$$RF = (\text{distancia recorrida por el compuesto}) / (\text{distancia recorrida por el disolvente})$$

- Cromatografía de capa fina. Es un caso de cromatografía de reparto en la que los componentes de una mezcla se separan por diferencia de solubilidad entre dos sistemas disolventes, el eluyente ascenderá, por capilaridad, por la placa y arrastrará los componentes a lo largo de ésta produciendo “manchas” de los componentes, las manchas de color son inmediatamente visibles; las incolores pueden revelarse mediante luz UV o por la introducción de la placa en vapores de yodo.

Como soporte del adsorbente se usan láminas de: vidrio, plástico o metálicas, los eluyentes más comunes en cromatografía de capa fina son: éter de petróleo, tolueno, acetato de etilo, tetracloruro de carbono, éter dietílico, cloroformo, acetona, etanol, metanol, ácido acético, entre otros.

- Cromatografía en columna. En este tipo de cromatografía las moléculas de una mezcla son separadas basándose en la afinidad de las moléculas por la fase estacionaria (adsorbente) o por la fase móvil (eluyente), los cuales dependen de las sustancias. Si una molécula A tiene más afinidad por la fase estacionaria que la B, B bajará más rápido que A. Existen algunos tipos de cromatografía en columna, entre ellas tenemos:
- Filtración en gel: Consiste en la separación de moléculas por su tamaño, el gel está formado por una cama de esferas con poros de distintos tamaños. Las moléculas de igual o menor tamaño que el poro son retenidas en las esferas, mientras que las moléculas más grandes pasan por la columna.
- Intercambio iónico: Separa moléculas en base a su carga iónica, la fase estacionaria presenta una matriz con carga. Al eluir una muestra, las moléculas de igual carga salen con el amortiguador. Las moléculas de carga opuesta se adhieren al material de empaque con distintos grados de afinidad.
- Fase inversa: Esta es una cromatografía de interacción en la que la fase estacionaria, con moléculas hidrofóbicas, interactúa con moléculas hidrofóbicas en la muestra. Las moléculas son eluidas de la columna lavando con soluciones de distinta concentración de alcohol o cualquier otro solvente no polar, la columna puede ser de matriz negativa, cuando existe intercambio catiónico, o positiva en el caso del intercambio aniónico, el pH es muy importante porque puede alterar la carga de la columna. (Novillo, 2007-2008).

- Cromatografía de gases. En muy poco tiempo la cromatografía de gases, se ha convertido en la técnica principal para la separación y análisis de compuestos volátiles, se la usa para analizar gases, líquidos y sólidos disueltos en solventes volátiles.

En cromatografía de gases, la muestra se inyecta en la fase móvil, la cual es un gas inerte, cuya finalidad es transportar las moléculas de la muestra a través de la columna llamada fase estacionaria, actualmente, las más empleadas son las columnas capilares.

La columna se encuentra dentro de un horno con programación de temperatura. La velocidad de migración de cada componente (y en consecuencia su tiempo de retención en la columna) será función de su distribución entre la fase móvil y la fase estacionaria.

Cada soluto presente en la muestra tiene una diferente afinidad hacia la fase estacionaria, lo que permite su separación: los componentes fuertemente retenidos por esta fase se moverán lentamente en la fase móvil, mientras que los débilmente retenidos lo harán rápidamente. Un factor clave en este equilibrio es la presión de vapor de los compuestos a mayor presión de vapor, menor tiempo de retención en la columna; como consecuencia de esta diferencia de movilidad, los diversos componentes de la muestra se separan en bandas que pueden analizarse tanto cualitativa como cuantitativamente mediante el empleo de los detectores seleccionados.

Las principales ventajas de la cromatografía de gases son: alta resolución, velocidad, sensibilidad, sencillez y resultados cuantitativos.

**Alta Resolución:** La CG puede generar miles de platos teóricos en unos pocos minutos. Los isómeros con puntos de ebullición muy próximos que no pueden separarse por destilación se separan fácilmente mediante la cromatografía de gases.

**Velocidad:** Normalmente, el análisis por CG tarda unos minutos; muchas separaciones útiles se completan en 10 minutos. Con altas presiones se han terminado análisis completos en apenas unos segundos.

**Sensibilidad:** Una de las razones principales por las que se usa ampliamente la CG en los análisis es la sensibilidad conseguida. El detector de conductividad térmica puede fácilmente medir microgramos. El detector de ionización de llama fácilmente mide nanogramos ( $10^{-9}$  g), y los detectores más selectivos como el de captura de electrones y el detector fotométrico de llama alcanzan los picogramos ( $10^{-12}$  g).

- Espectrometría de masas. La espectrometría de masas (MS) es una de las técnicas analíticas más completas que existen, esta técnica es capaz de proporcionar información acerca de la composición elemental de las muestras; la estructura de las moléculas inorgánicas, orgánicas y biológicas; de la composición cualitativa y cuantitativa de mezclas complejas y de las

relaciones isotópicas de átomos en las muestras, proporciona un espectro característico de cada molécula, habitualmente se detectan concentraciones del orden de ppm (partes por millón) o ppb (partes por billón) y en casos específicos se puede llegar hasta ppt (partes por trillón).

Es una técnica rápida, se puede realizar un espectro en décimas de segundo, por lo que puede monitoriarse para obtener información en tiempo real sobre la composición de una mezcla de gases.

El espectro de masas puede ser almacenado en la memoria del ordenador para compararse con una colección de espectros y proceder a su identificación, o puede estudiarse para averiguar la naturaleza de la molécula que le dio origen, etc.

- Acoplamiento cromatografía de gases - espectrometría de masas. La cromatografía de gases es una técnica separativa que tiene la cualidad de conseguir la separación de mezclas muy complejas. Pero una vez separados, detectados, e incluso cuantificados todos los componentes individuales de una muestra problema, el único dato de que disponemos para la identificación de cada uno de ellos es el tiempo de retención de los correspondientes picos cromatográficos.

Por otra parte, la espectrometría de masas puede identificar de manera casi inequívoca cualquier sustancia pura, pero normalmente no es capaz de identificar los componentes individuales de una mezcla sin separar previamente sus componentes, debido a la extrema complejidad del espectro obtenido por superposición de los espectros particulares de cada componente.

Por lo tanto, la asociación de las dos técnicas, da lugar a una técnica combinada GC-MS que permite la separación e identificación de mezclas complejas. La utilización de la cromatografía de gases acoplada a un espectrómetro de masas requiere sistemas especiales de conexión. En principio, se trata de dos técnicas que trabajan en fase gaseosa y necesitan una muy pequeña cantidad de muestra para su análisis, por lo que son muy compatibles.

El único obstáculo serio a la hora de realizar su acoplamiento es que el efluente que emerge de la columna cromatográfica sale a presión atmosférica y debe introducirse en el interior del espectrómetro de masas que trabaja a alto vacío. Actualmente, el acoplamiento directo resulta fácil cuando se utiliza la cromatografía de gases capilar, que es el caso más habitual. (M.C. Gutiérrez, M. Droguet, 2002)

### **2.2.3 AGENTES DE DETERIORO DE BIENES CULTURALES**

Toda materia sigue un proceso de alteración, degradación o descomposición según su estructura química y el medio ambiente al que ha estado sometido.

Las obras y objetos antiguos, que no presentan más que una especie de alteración o degradación, son escasos, un gran número de alteraciones, tanto accidentales como naturales, producen degradaciones, sea de inmediato o después de un cierto tiempo. Se puede subdividir las alteraciones y degradaciones en dos grupos; degradación por proceso natural y alteración por intervenciones del hombre.

#### 2.2.3.1 Alteración por proceso natural

En el deterioro natural intervienen varios factores ambientales como: la temperatura, humedad, sales, luz, aire, sequedad, insectos, microorganismos.

- Temperatura y humedad. Es de gran importancia conservar una temperatura y humedad relativa constante, las variaciones diarias y temporales son las que deterioran el objeto. Una humedad relativa alta, produce un aumento de volumen y peso, debilitamiento de las estructuras. Así mismo se produce un medio propicio para el desarrollo de microorganismos, y si a esta humedad alta se le suma una temperatura elevada el efecto nocivo se duplica o incluso se triplica.

Una humedad baja en cambio ocasiona pérdidas de peso y volumen con el consiguiente resquebrajamiento, alabeos, saltados de color, desconchados, etc. y extremando más, llegando a situaciones de sequedad, los objetos comienzan a perder su agua natural volviéndose quebradizos y resacos.

Vistas estas consecuencias habrá que buscar un estado de humedad y temperatura ideal, el cual debe ser de 58 % de humedad y una temperatura de 17 grados, pero en cada zona climática se deberá buscar la relación ideal entre ambas variantes. (Xabier Martiarena, 1992)

**Tabla 2.1 Humedad relativa recomendada para distintos materiales**

Material	Atmósfera recomendable	Humedad Relativa %
Metales, esmaltes, materiales lapídeos (cerámicas, arcillas, vidrios, etc.)	Seca	20 - 40
Textiles, papel, colecciones etnográficas, botánicas, etc.	Media	45 - 50
Pinturas (madera, tela), Madera (muebles, esculturas), marfil, hueso, lacas, cuero	Bastante húmeda	50 - 60

Nota: Martiarena (1992), Conservación y restauración, p. 185

- Las sales. Debido a que el clima de la costa presenta un aire húmedo y salado, este aire deposita sobre los objetos pequeñas cantidades de sal, que al ser higroscópica mantiene el índice de humedad alto, facilitando el desarrollo de microorganismos, produciendo manchas, corrimientos en las tintas, etc.

Las sales también pueden deteriorar techos, muros y pinturas que se hallan en ellos debido a filtraciones subterráneas y por la absorción capilar de las sales del subsuelo.

- La luz. Tiene la propiedad de alterar ciertas sustancias, pigmentos, colorantes, tintas, fibras textiles, papel y materiales celulósicos, películas de materiales orgánicos como barnices, resinas y gomas.

La luz a partir de intensidad destruye las fibras, decolora, tuesta, apagando los colores y descomponiendo la materia.

Los metales, piedras, vidrios, cerámica, esmalte y madera son moderadamente sensibles a los efectos de la luz, pero no así el óleo, témpera, cuero sin teñir y lacas orientales, los cuales nunca deberán recibir una intensidad superior a los 150 lux. (Xabier Martiarena, 1992)

- Los insectos patógenos. Se instalan normalmente sobre la madera, papel, tejidos y material etnográfico; si la temperatura y la humedad es alta, se da el ambiente propicio para su desarrollo y reproducción, por ello debemos mantener el equilibrio de humedad y temperatura y en el caso de no poder hacerlo se puede usar insecticidas para su control.
- Los microorganismos. Las bacterias, los hongos y los estreptomicetos son los principales microorganismos que alteran el papel, tejidos, celulosa, materiales etnográficos.

Su capacidad de destrucción es muy fuerte y pueden ocasionar alteraciones cromáticas, que se presentan en diferentes colores con dimensiones y formas irregulares, estas alteraciones son originadas por los pigmentos de las bacterias y de los hongos. Las alteraciones más peligrosas son las estructurales; ya que las enzimas destruyen las fibras, dándoles un aspecto de descomposición y desmenuzamiento que en algunos casos son imposibles de restaurar.

#### 2.2.3.2 Alteraciones debidas a intervenciones humanas

El hombre en su afán de preservar los bienes culturales realizan sobre ellos distintas intervenciones que en lugar de mejorarlos los alteran a mediano o largo plazo, algunas de estas intervenciones son:

- Modificaciones de la disposición, forma o aspectos primitivos de la obra, trasposiciones o traslados.
- Aserrado de tablas pintadas por las dos partes.

- Adaptación de esculturas y pinturas a nuevas ideas políticas o religiosas.
- Limpiezas mal realizadas.
- Restauraciones, como por ejemplo los reentelados, la unión de fragmentos, etc.

Los cambios de moda y de gusto en las mentalidades de cada época tienen su reflejo en las obras de arte, que se adaptan a las nuevas corrientes. Así, se repintan las pinturas y las esculturas al gusto de la época, escondiendo su verdadero color. Se cortan los cuadros para darles cabida en las nuevas estancias, debido a la moda impuesta en medidas o tamaños. (Xabier Martiarena, 1992)

#### 2.2.4 LOS PLAGUICIDAS

Los plaguicidas son sustancias químicas destinadas a matar, regular o interrumpir el crecimiento de plagas en su sentido más amplio. (Rodríguez-Ithurralde).

Se considera una plaga a aquellos organismos nocivos que transmiten enfermedades, compiten por alimentos y/o dañan bienes económicos y culturales.

Los plaguicidas son muy numerosos y presentan composiciones muy variables. Dentro de los orgánicos se encuentran: los derivados halogenados, compuestos organofosforados, carbamatos, derivados de la urea y tiourea, y compuestos heterocíclicos. Como inorgánicos: insecticidas fluorados, insecticidas arsenicales, fungicidas inorgánicos, y fumigantes halogenados alifáticos. En la siguiente tabla 2.3 se nos muestra los principales productos utilizados como plaguicidas:

**Tabla 2.2. Principales productos utilizados como plaguicidas**

Producto	Composición
<b>Insecticidas</b>	Organoclorados, organofosforados, carbamatos anticolinesterásicos, piretrinas, piretroides sintéticos, nicotina, rotenona.
<b>Herbicidas</b>	Tricloro/diclorofenoxiherbicidas, derivados de la urea, carbamatos, triazinas, glifosato
<b>Fungicidas</b>	Carbamatos, organofosforados, captano, captfol, pentaclorofenol, iprodiona, sulfuro elemental
<b>Rodenticidas</b>	Cumarínicos, anticoagulantes de acción corta y larga, fósforo, cianuro, estricnina, fluoro acetato sódico.
<b>Nematocidas</b>	Bromuro y cloruro de metilo, fosfina.

Nota: Adaptado. Por: Toxicología.net (2001). Organofosforados y Carbamatos

Los plaguicidas son contaminantes que deterioran el suelo. Ciertamente los plaguicidas representan una garantía para el mejoramiento de las cosechas, la producción de alimentos y la erradicación de



epidemias, epizootias y plagas, pero su mala administración y su empleo excesivo conducen a la degradación del suelo.

El contacto con pesticidas y su entrada al organismo se produce por exposición laboral y en el hogar debido a usos y aplicaciones incorrectos, falta de medidas preventivas y de protección, almacenamiento inadecuado, reutilización de envases y fumigaciones aéreas.(Olivera Bravo, Rodríguez-Ithurralde, 2012)

### **2.2.5 PRINCIPALES GRUPOS DE COMPONENTES ANTIMICROBIANOS DE LAS PLANTAS**

Las plantas tienen la habilidad de sintetizar sustancias aromáticas, gran cantidad de ellas son fenoles o sus derivados.

En muchos casos las plantas utilizan estas sustancias como defensa contra los microorganismos, insectos y herbívoros. Algunos, tales como los terpenoides, dan a las plantas sus olores; las quinonas y taninos son responsables del pigmento de las plantas. Otros le dan sabor a las plantas como al ají la capsicina. Los compuestos fitoquímicos antimicrobianos útiles pueden ser agrupados en varias categorías, como las siguientes:

- Fenoles y Polifenoles: El ácido cafeico y el cinámico son representantes de estos grupos, ambos con acción antimicrobiana, antiviral y antifúngica. También se pueden mencionar a los fenoles simples y ácidos fenólicos, catecoles y eugenoles.

Se considera que la acción de los fenoles y polifenoles contra los microorganismos se debe a la inhibición enzimática posiblemente por acción sobre los grupos sulfhidrilos de sus aminoácidos de cisteína o por medio de reacciones más inespecíficas con proteínas bacterianas. Los compuestos fenólicos que poseen una cadena lateral a nivel de C3 en un bajo nivel de oxidación y que no contienen oxígeno, son clasificados como aceites esenciales y a veces se citan como agentes antimicrobianos bacteriostáticos contra hongos y bacterias.

- Flavonas, flavonoides y flavonoles: Son estructuras fenólicas que contienen un solo grupo carbonilo. Estos compuestos son sintetizados por las plantas en respuesta a la infección antimicrobiana, y su actividad sobre las bacterias probablemente se deba a su capacidad de generar complejos con proteínas extracelulares y proteínas solubles, así como una actividad sobre la pared celular.
- Terpenoides y aceites esenciales: Los terpenos o terpenoides son activos contra bacterias, virus, hongos y protozoarios. Se cree que esta actividad antimicrobiana se debe a una perturbación de la estructura de la membrana celular por su naturaleza lipofílica.(Jorge Araujo Díaz, 2008)

## **2.2.6 ENFERMEDADES DE LAS MADERAS**

De igual manera que existen plagas que atacan a las plantas, tenemos las enfermedades producidas por carencia de alguna vitamina, infecciones bacterianas o víricas y las producidas por el ataque de hongos, que suponen el 95% de las enfermedades.

La madera es resistente a la degradación por la mayoría de los microorganismos, solo es degradable por algunos hongos y bacteria.

Podemos clasificar los hongos en: ectoparásitos y endoparásitos. Los primeros se mantienen en la superficie y para combatirlos debemos usar fungicidas, y los segundos que afectan a los órganos internos y se combaten con criptogamicidas, aunque su erradicación es extremadamente difícil.

Para las bacterias y virus no hay productos eficaces y lo único que se puede hacer es prevenirlas.

Los hongos más importantes que afectan a la madera son los hongos de la pudrición.

### **2.2.6.1 Hongos**

Los hongos constituyen un grupo muy numeroso de organismos (se han descrito aproximadamente 500.000, pero se estima que pueden existir entre 1 y 1,5 millones de especies). Los hongos son organismos unicelulares o pluricelulares, que se alimentan mediante la absorción, debido a la ausencia de clorofila, por tanto no pueden realizar fotosíntesis y no pueden sintetizar sus propios alimentos, deben nutrirse a partir de materia orgánica ya elaborada viven sobre otros organismos, es por ello que se dicen que son saprofitos o parásitos y forman líquenes, por ejemplo, hongos que viven sobre la hojarasca del bosque.

Dentro de los hongos tenemos los mohos que poseen filamentos microscópicos llamados hifas el conjunto de hifas recibe el nombre de micelio. Los micelios de algunas especies alcanzan grandes tamaños. Los mohos se encuentran virtualmente en cada ambiente y pueden ser detectados, tanto en interiores como al aire libre durante todo el año. Las condiciones húmedas y cálidas favorecen el crecimiento del moho (CDC, 2003). Se desarrollan fácilmente a un pH entre 4-6, humedades relativas superiores a 70 % y temperaturas entre 25-30°C, por lo que el clima de la ciudad de Quito es propicio para el crecimiento de estos microorganismos.

La mayoría de hongos son perjudiciales, pero también hay hongos de gran utilidad, como lo son las levaduras, las cuales son usadas en la fabricación del pan, del vino y de la cerveza entre otros licores.

A continuación se describe algunos tipos de hongos que atacan a las maderas.

- *Aspergillus* sp. Pertenece a la división Deuteromycota, los *Aspergillus* se caracterizan por tener micelio vegetativo compuesto de hifas septadas, ramificadas, incoloras, estructura conidial

desarrollada como pedicelos y cabezuelas de origen en células hifales especializadas, de paredes gruesas, las cuales producen conidiofóros como ramas aproximadamente perpendiculares al eje longitudinal de la célula del pie (García y Verástegui, 2001). Los miembros de éste género son aerobios de crecimiento rápido, la colonia es inicialmente plana, blanca que crece haciéndose algodonosa. A medida que envejece y va apareciendo la esporulación, el centro de la colonia se va tornando de color distinto según la especie, así: amarillo *A. flavus*, verdoso *A. glaucus*, negro *A. niger*, gris *A. fumigatus*.

- *Penicillium* sp. Es un hongo de crecimiento rápido dando colonias blancas aterciopeladas inicialmente, las cuales se cubren con los esporos y van tomando diferentes colores según la especie; al final quedan completamente cubiertas de esporos con un aspecto pulverulento. La colonia está constituida por micelio de hifas delgadas septadas. El verticillum es fundamental en la clasificación del hongo, así pueden clasificarse en cuatro grandes grupos: monoverticillata, asimétrica, biverticillata simétrica y poliverticillata
- *Acremonium* sp. Las colonias son de color crema o durazno claro, lisas por la producción de un delicado micelio aéreo corto. Se ven variantes de las colonias blancas, rosadas y gris-amarillas. Microscópicamente, los conidiofóros son largos delicados y casi como pelos. Conidios unicelulares elípticos, ovales a cilíndricos dispuestos en cabezuelas irregulares.
- *Trichoderma* sp. Crece formando colonias blancas que simulan una película sobre el medio. El micelio está formado por hifas septadas. Los conidiofóros por segmentos cortos que se hallan a lado y lado de la hifa, mostrando por su parte terminal pequeños conidios redondeados. La esporulación da sobre la colonia parches verdosos.

#### 2.2.6.2 Tratamientos contra hongos y xilófagos

La finalidad de todo tratamiento curativo es detener la acción de los agentes causantes del daño y evitar un posible ataque.

Los tratamientos pueden ser: Curativos y curativos-preventivos.

A) Tratamiento curativo. Su finalidad es eliminar la causa de la degradación material de la madera (procesos de gasificación o fumigación).

B) Tratamientos curativos-preventivos. Son aquellos que además de erradicar al agente destructor, impiden cualquier invasión posterior. Se incluye en este grupo los tratamientos que consisten en la aplicación de productos protectores líquidos, ya que los principios activos quedan fijados en la madera una vez que el disolvente se ha evaporado.

### 2.2.6.3 Efectos de los hongos en la madera

Los hongos actúan cuando la madera se encuentra expuesta a altos contenidos de humedad; una madera será más sensible a la acción de los hongos cuanto mayor sea su grado de humedad, se ha demostrado que la madera con un 20% de humedad está expuesta al ataque de hongos, y con un 30% de humedad, estos se encuentran en un ambiente óptimo donde desarrollarse. Los almidones y azúcares, así como algunos de los elementos de las paredes celulares, constituyen su principal fuente de nutrientes.

De acuerdo con el lugar de la célula de la madera donde se alimentan, algunos autores los clasifican en: hongos cromógenos y hongos de pudrición.

- **Hongos Cromógenos.** Son hongos que atacan el contenido celular de las maderas produciendo coloraciones en la misma, debido a que tienen sus hifas pigmentadas, se alimentan de las sustancias de reserva presentes en el interior de la célula, los hongos cromógenos más importantes son el azulado de la madera y el pasmo del haya que presenta una coloración parda rojiza.
- **Hongos de pudrición.** Son hongos que atacan a la pared celular produciendo su rotura y descomposición, disminuyendo su densidad y aumentando su humedad; producen tres tipos de pudriciones: parda o cúbica, blanca y blanda.
- **Pudrición blanca:** Destruyen la celulosa y lignina dejando un color blanco, deja ligero de peso los objetos y puede tomar aspecto fibroso. Afecta más a las latifoliadas que a las coníferas, debido a que presentan mayor cantidad de lignina.
- **Pudrición parda o cúbica:** Los hongos solo atacan la celulosa, dejando residuo carmelitoso de lignina, madera más oscura y forma grietas típicas de forma cúbica.
- **Pudrición blanda:** Ocurre a muy alta humedad y sostenida, es frecuente. En sitios arqueológicos y en ambientes subterráneos y marinos saturados de agua, se vuelve la madera blanda y típicamente se agrieta cuando se seca, algunos hongos causan manchas en la madera (Hongos en el patrimonio cultural).

### 2.2.6.4 Cultivo de microorganismos

Un cultivo es el crecimiento de poblaciones microbianas de forma controlada en un medio artificial, un cultivo según su composición química puede ser: sintético si tiene una composición química definida, complejos, si su composición es no conocida, no sirve para purificar los compuestos pero en ellos puede crecer cualquier microorganismo

Según el estado físico del medio los cultivos pueden ser: Líquido, sólido, semisólido. Depende de si el agar es más o menos gelatinoso y está formado por agarosa que es un polímero de galactosa al

70% y de agarpectina al 30%, es sólido cuando existe el 1.5-2% de agar, semisólido (para estudios de movilidad) cuando la concentración es de 0.15-0.4% y es líquido cuando hay menos del 0.15% de agar.

#### 2.2.6.5 Siembra

Sembrar o inocular es introducir artificialmente una porción de muestra (inóculo) en un medio adecuado, con el fin de iniciar un cultivo microbiano, para su desarrollo y multiplicación. Una vez sembrado, el medio de cultivo se incuba a una temperatura adecuada para el crecimiento, para hongos la temperatura óptima está entre 20–30°C.

Existen diferentes tipos de siembra de acuerdo al medio utilizado y los requerimientos del microorganismo a estudiar.

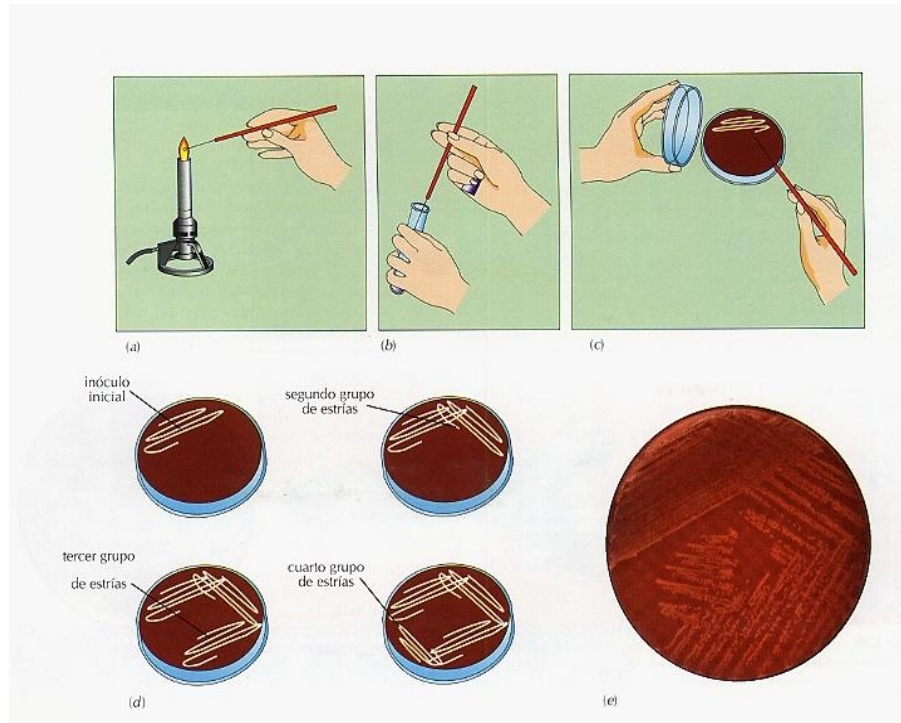
- Siembra por inmersión: se coloca el inóculo en una caja de Petri y sobre el mismo se vierte el medio de cultivo previamente fundido. Este método se utiliza para microorganismos aerobios.
- Siembra en doble capa: se procede de la misma manera que por inmersión.
- Una vez solidificado el medio se vierte una cantidad extra de medio necesaria para cubrir la capa anterior (generalmente 10 ml. aprox.). Este método se utiliza para microorganismos anaerobios facultativos y microaerofílicos.
- Siembra en superficie: se vierte sobre una placa de Petri el medio de cultivo fundido, se deja solidificar y se coloca sobre la superficie el inóculo. Con ayuda de una espátula de Drigalsky se extiende el inóculo hasta su absorción total por el medio de cultivo. Este tipo de siembra se recomienda para microorganismos aerobios estrictos.
- Siembra en estría: se vierte sobre una placa de Petri el medio de cultivo fundido y se deja solidificar.

#### 2.2.7 Aislamiento e identificación de hongos

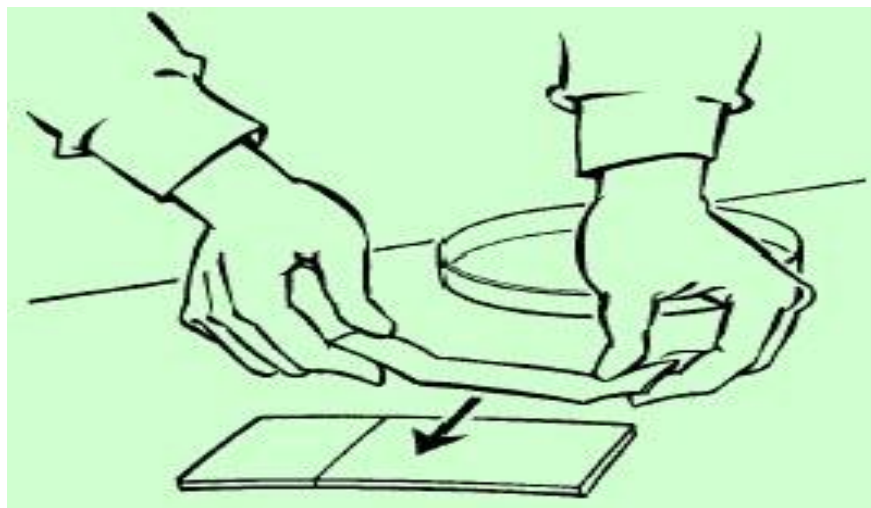
El aislamiento de un cultivo se lo realiza, sobre o en medios sólidos. Se inicia por la separación de una sola célula a partir de una población se requiere también que la colonia que surja de esta célula se mantenga separada de otras células o colonias. Las bacterias aeróbicas se aíslan según el método de vertido en placa de KOCH, o más sencillamente por siembra en estría con el asa de platino sobre medios con agar (Fig. 2.3). Las bacterias anaeróbicas se suspenden en agar calentado a una temperatura de 45°C y se incuban en ausencia de aire. Con la separación cuidadosa de una colonia, su posterior suspensión en un líquido y la nueva siembra por estría o dilución en agar pueden conseguirse cultivos puros de la mayoría de microorganismos.

Para la identificación de hongos se utiliza la técnica de cinta pegante (Fig. 2.4), es una de las más usadas, debido a que se conserva la posición original de las esporas y segmentos de hifas. Además

de permitir observar las estructuras fúngicas casi sin alteración. Para su realización, se toma una tira de cinta adhesiva de 4cm, con el lado adhesivo hacia fuera, sosteniéndose con pinzas y presionando firmemente contra la superficie de la colonia del hongo que se desea estudiar. Posteriormente, la tira de cinta se coloca en un portaobjetos, se la cubre y se procede a la observación en el microscopio.



**Figura 2.3 Aislamiento colonias por estriado**  
**Por: Piña López (2011). Método de aislamiento por siembra por estría en placa**



**Figura 2.4 Técnica de la cinta pegante**  
**Por: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, España(2011), preparación con cinta de celofán adhesiva.**

### **2.2.8 Antibiógramas**

El antibiógrama es el estudio in vitro del comportamiento de los antimicrobianos frente a los diferentes microorganismo, en lo posible se trata de recrear las condiciones en las que se encuentra el agente infeccioso dentro del organismo, el método se basa en la formación de halos de inhibición del crecimiento en una placa inoculada homogéneamente por acción de discos antibióticos de concentración conocida, la difusión de este hacia el medio va a originar la inhibición del crecimiento. Posteriormente se mide el diámetro del halo generado, para comprobar la efectividad del antibiótico.

## **2.3 FUNDAMENTO LEGAL**

El presente trabajo se fundamenta en los artículos 4 y 7 de LA LEY DE PATRIMONIO CULTURAL, Codificación 27, Registro Oficial Suplemento 465 de 19 de Noviembre del 2004.

Art. 4.- El Instituto de Patrimonio Cultural, tendrá las siguientes funciones y atribuciones:

a) Investigar, conservar, preservar, restaurar, exhibir y promocionar el Patrimonio Cultural en el Ecuador; así como regular de acuerdo a la Ley todas las actividades de esta naturaleza que se realicen en el país;

Art. 7.- Declárense bienes pertenecientes al Patrimonio Cultural del Estado los comprendidos en las siguientes categorías:

a) Los monumentos arqueológicos muebles e inmuebles, tales como: objetos de cerámica, metal, piedra, o cualquier otro material pertenecientes a la época prehispánica y colonial; ruinas de fortificaciones, edificaciones, cementerios y yacimientos arqueológicos en general; así como restos humanos, de la flora y de la fauna, relacionados con las mismas épocas;

b) Los templos, conventos, capillas y otros edificios que hubieren sido construidos durante la Colonia; las pinturas, esculturas, tallas, objetos de orfebrería, cerámica, etc., pertenecientes a la misma época;

d) Los objetos y documentos que pertenecieron o se relacionan con los precursores y próceres de la Independencia Nacional o de los personajes de singular relevancia en la Historia Ecuatoriana;

i) Las obras de la naturaleza, cuyas características o valores hayan sido resaltados por la intervención del hombre o que tengan interés científico para el estudio de la flora, la fauna y la paleontología; y,

j) En general, todo objeto y producción que no conste en los literales anteriores y que sean producto del Patrimonio Cultural del Estado tanto del pasado como del presente y que por su mérito artístico, científico o histórico hayan sido declarados por el Instituto, bienes pertenecientes

al Patrimonio Cultural, sea que se encuentren en el poder del Estado, de las instituciones religiosas o pertenezcan a sociedades o personas particulares.

Cuando se trate de bienes inmuebles se considerará que pertenece al Patrimonio Cultural del Estado el bien mismo, su entorno ambiental y paisajístico necesario para proporcionarle una visibilidad adecuada; debiendo conservar las condiciones de ambientación e integridad en que fueron contruidos. Corresponde al Instituto de Patrimonio Cultural delimitar esta área de influencia.

## **2.4 HIPÓTESIS DE TRABAJO**

El extracto de albahaca si actúa como fungicida ante los hongos que atacan los bienes culturales escogidos para este trabajo.

## **2.5 VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.5.1 Variables independientes:**

- Hongos
- Concentraciones de los extractos de albahaca
- Tiempo de acción del extracto

### **2.5.2 Variable dependiente:**

- Tamaño del halo de inhibición.

## **2.6 DEFINICIÓN DE VARIABLES**

### **2.6.1 Variables Independientes**

Las variables escogidas para esta investigación son los hongos, ya que cada tipo tendrá diferente reacción al tratamiento. Como segunda variable se tiene las concentraciones del extracto de albahaca, pues estas serán manipuladas para lograr la completa eliminación de los hongos y la última variable es el tiempo de eficacia de los extractos, puesto que es importante determinar si las cepas de hongos vuelven a crecer, para poder determinar la frecuencia con que se debe aplicar el tratamiento.

### **2.6.2 Variable Dependiente**

La variable dependiente en este trabajo es el tamaño del halo de inhibición, pues este variará de acuerdo al tipo de hongo y al cambio en la concentración de los extractos y al tiempo en que se le deje actuar.



## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

En este trabajo se utilizará un tipo de investigación experimental, ya que se va a evaluar el efecto que tienen los extractos de albahaca al ser aplicados sobre distintos tipos de hongos, será necesario utilizar un método estadístico que permita recopilar, elaborar e interpretar datos numéricos por medio de la búsqueda de los mismos y de su posterior organización, análisis e interpretación.

#### **3.2 POBLACIÓN Y MUESTRA.**

- Población: Bienes culturales
- Muestras: 6 objetos de madera
- Tamaño de muestra: un isopado de cada objeto de estudio
- Tipo de muestreo: no probabilístico del tipo casual, incidental o de conveniencia.

Es no probabilístico porque la muestra es tomada de forma intencional y no todos los elementos de la población tienen la misma probabilidad de ser elegidos para formar parte de la muestra.

#### **3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL**

##### **3.3.1 Efecto de los extractos a diferentes concentraciones**

A continuación se muestra la tabla 3.1 que se utilizará para registrar el tamaño del halo obtenido experimentalmente a diferentes concentraciones de extracto en cada hongo identificado, se realizara 3 repeticiones con cada concentración (100%, 75% y 50%), reportándose el tamaño de halo de inhibición en centímetros, transcurridos 7 días de incubación.

**Tabla 3.1. Formato de tabla para reporte de datos (concentración, hongos)**

Hongos	Caja	Color	Extracto al 100%			Extracto al 75%			Extracto al 50%		
			R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3

### **3.3.2 Duración del efecto de los extractos con el paso del tiempo**

A continuación se muestra la tabla 3.2 que se utilizará para registrar el efecto de los extractos con el paso del tiempo, se reportara el tiempo en días en el que el halo de inhibición vuelve a poblarse de microorganismos, lo que nos indica que está perdiendo su efecto antifúngico.

**Tabla 3.2 Formato de tabla para reporte de datos (tiempo, hongos)**

Hongos	Caja	Color	Extracto al 100%			Extracto al 75%			Extracto al 50%		
			R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3

## **3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS ANALÍTICOS**

### **3.4.1 Obtención de los extractos**

Previamente a la extracción se secará la albahaca en estufa a 40°C. A continuación se obtendrá el extracto mediante Soxhlet, utilizando como solvente etanol.

### 3.4.2 Caracterización del extracto de albahaca

Una vez obtenido el extracto se utilizará cromatografía de gases, que nos permite identificar los diferentes componentes del extracto.

Adicionalmente se determinará: el índice de refracción, la solubilidad, etanol, metanol y agua, la tabla 3.3 indica el formato de reporte de resultados.

**Tabla 3.3**Formato de reporte de pruebas físicas

Características físicas	Valoración
Color	
Olor	
pH	
Índice de refracción	
	Etanol
Solubilidad	Metanol
	Agua

### 3.4.3 Muestreo de hongos

Las muestras deben ser representativas y serán tomadas aleatoriamente de la superficie de los bienes patrimoniales en donde se observe deterioro, de no ser visibles, la muestra se tomará de las superficies que se encuentren en contacto con el piso, o en donde exista mayor humedad. Este muestreo se lo realiza con isopos estériles, se muestreo en 6 lugares que se detallan en anexos.

### 3.4.4 Aislamiento e identificación de hongos

Las muestras tomadas serán sembradas en cajas estériles en medio PDA, y se las incubará por 7 días a 27°C.

*Aislar* los hongos encontrados, seleccionando la mejor cepa y volviendo a sembrarla en el medio anterior hasta obtener un cultivo puro.

*Identificar* las cepas de hongos aislados, mediante observación al microscopio



**Figura 3.1. Microscopio de contraste**

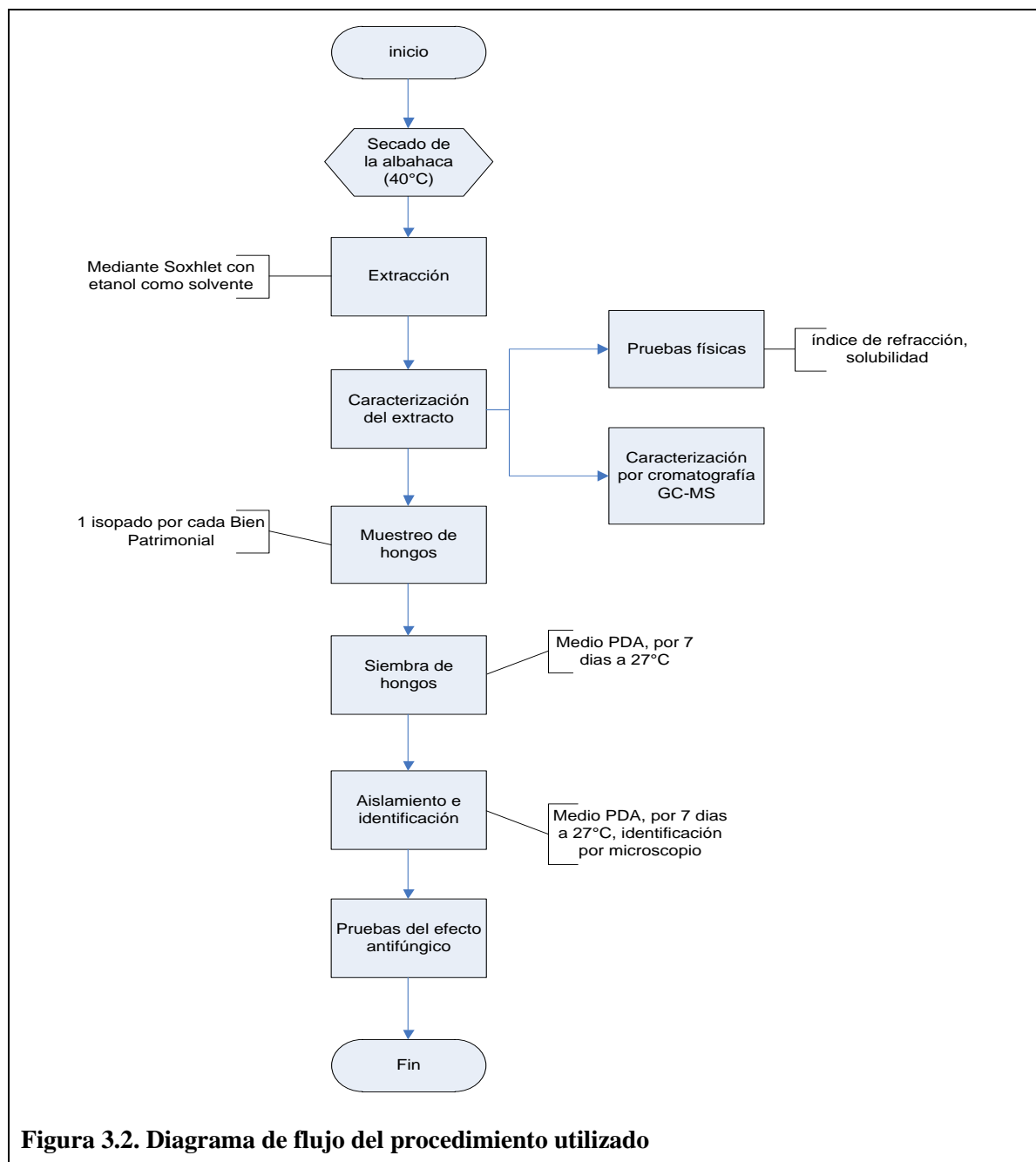
### **3.4.5 Pruebas del efecto antifúngico del extracto**

- **Procedimiento**

- a) Realizar un cultivo en cajas con medio PDA.
- b) Colocar un disco de papel filtro de 4mm de diámetro que contenga el extracto de concentración conocida en el centro de la caja, incubar durante 7 días a 27°C.
- c) Observar si alrededor del disco se forma un halo de inhibición lo que indica la resistencia del microorganismo a esa concentración de extracto; a continuación se procede a medir el halo. El que presente mayor diámetro es el más eficaz.
- d) Después de los 7 días de incubación se procede a determinar el tiempo de acción del extracto, para ello se continua con la incubación hasta que en el halo se observe el crecimiento de microorganismos registrando este tiempo.
- e) Adicional se realizarán una prueba en los hongos identificados con formaldehído con una concentración de 50% y se determinará su efecto antifúngico y se determinará el tiempo de acción del formaldehído.

#### **3.4.6 Diseño estadístico**

- Para el estudio estadístico se realizaron gráficos de barras para comparar las medias del efecto del extracto de albahaca a distintas concentraciones en los hongos identificados en cada uno de los lugares de muestreo.
- Se realizaron gráficos de barras para comparar las medias del tiempo de duración del efecto fungicida del extracto en los hongos identificados en los lugares de muestreo.
- Con los datos obtenidos en los gráficos anteriores se realizó un gráfico de comparación del tamaño del halo producido por los extractos de albahaca y el formaldehído con los hongos en los que se obtuvieron mejores resultados.
- Se realizó un gráfico de comparación del tamaño del tiempo de duración del efecto del extracto entre los extractos de albahaca y el formaldehído con los hongos en los que se obtuvieron mejores resultados.



**Figura 3.2. Diagrama de flujo del procedimiento utilizado**

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Pruebas físicas

Se realizaron las siguientes pruebas físicas con el extracto obtenido.

**Tabla 4.1. Resultado de pruebas físicas**

Características físicas		Valoración
Color		Café verdoso
Olor		Característico
pH		5.3
Índice de refracción		1.446
Solubilidad	Etanol	Soluble
	Metanol	Soluble
	Agua	Insoluble

Una vez obtenido el extracto de albahaca con etanol como solvente y este recuperado mediante soxleth se obtuvo un extracto de color café verdoso, olor característico a albahaca, el extracto presentó un pH de 5.3 el máximo para aceites esenciales es de 5.8 y un índice de refracción de 1.446, que se encuentra dentro del rango normal para aceites esenciales. En cuanto a la solubilidad se estableció que el extracto es soluble en etanol y metanol, e insoluble en agua

#### 4.2 Cromatografía

Se realizó un análisis de cromatografía de gases acoplado a masas (ver anexos), obteniéndose los siguientes resultados:

Se obtuvieron 8 picos principales, de los cuales el pico del eugenol es el que presenta mayor abundancia con 47.34%, seguido del pico del linalol con 7.87%, con estos resultados se comprueba la presencia del eugenol que es la sustancia que se presume proporciona el efecto antifúngico al extracto.

### 4.3 Aislamiento e Identificación de hongos

Una vez aislados los hongos, se los identificó mediante observación en un microscopio electrónico marca Zeiss, con un lente objetivo de 40x.

**Tabla 4.2. Identificación de hongos luego de 7 días de incubación**

Muestra	Lugar de muestreo	Caja	Color	Hongo
Muestra 1	El Sagrario Sotobanco lateral derecho Retablo Virgen de Guadalupe	1,1	Verde	Penicillium sp.
		1,2	Blanco	Aspergillus
Muestra 2	El Sagrario Sotobanco lateral izquierdo Retablo Virgen del Cisne	2,1	Blanco	Aspergillus candidus
		2,2	Verde	Aspergillus Penicillium
		2,3	Verde amarillento	Aspergillus aculeatus
Muestra 3	Santa Catalina Cuadro Virgen del Rosario lateral derecho	3,1	verde	Penicillium
		3,2	Blanco	Penicillium citroenigrum
Muestra 4	Santa Catalina Cuadro Virgen del Rosario parte posterior	4,1	Verde	Aspergillus
		4,2	Blanco	Penicillium
		4,3	Blanco felpa	Acremonium
Muestra 5	Santa Catalina portón lateral Señor de las Misericordias	5,1	Verde	Penicillium
		5,2	Blanco	Acremonium
		5,3	Blanco felpa	Acremonium
Muestra 6	INPC	6,1	Negruzco	Alternaria alternata
		6,2	Verde	Penicillium
		6,3	Blanco	Tricoderma

Una vez realizado el aislamiento y transcurridos 7 días de incubación en medio PDA, se obtuvieron 16 tipos de hongos en los 6 lugares muestreados, en el muestreo realizado en la iglesia El Sagrario



se identificaron los siguientes géneros de hongos: *Penicillium* sp., *Aspergillus*, *Aspergillus candidus*, *Aspergillus Penicillium* y *Aspergillus aculeatus*. En cambio en el convento de Santa Catalina se identificaron: *Penicillium*, *Penicillium citroenigrum*, *Aspergillus* y *Acremonium*, y en la torre del INPC: *Alternaria alternata*, *Penicillium* y *Trichoderma*. Siendo los géneros predominantes en todos los lugares los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*.

#### 4.4 Pruebas del efecto del extracto de albahaca a diferentes concentraciones

Las pruebas se realizaron con el extracto obtenido a diferentes concentraciones en un medio etanólico, teniendo luego de 7 días de incubación los siguientes resultados.

**Tabla 4.3. Pruebas del efecto del extracto de albahaca**

Hongos	Caja	Color	Extracto al 100%			Extracto al 75%			Extracto al 50%		
			R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
<i>Penicillium</i>	1,1	Verde	2.0	1.9	1.7	0.8	0.6	0.8	0.4	0.2	0.2
<i>Aspergillus</i>	1,2	Blanco	2.5	2.0	2.3	1.3	1.0	0.9	0.5	0.3	0.6
<i>Aspergillus candidus</i>	2,1	Blanco	2.5	2.2	2.7	1.0	1.2	0.8	0.6	0.6	0.7
<i>Aspergillus Penicillium</i>	2,2	Verde	3.0	3.2	3.5	2.5	2.0	2.3	2.0	1.5	1.8
<i>Aspergillus aculeatus</i>	2,3	Verde amarillento	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Penicillium</i>	3,1	Verde	1.5	1.3	1.7	0.6	0.6	0.8	0.4	0.6	0.4
<i>Penicillium citroenigrum</i>	3,2	Blanco	2.2	2.4	2.2	0.8	0.9	1.1	0.4	0.2	0.6
<i>Aspergillus</i>	4,1	Verde	1.0	1.2	1.0	0.1	0.2	0	0	0	0
<i>Penicillium</i>	4,2	Blanco	2.1	2.0	2.3	1.2	1.5	1.5	0.9	0.7	0.9
<i>Acremonium</i>	4,3	Blanco felpa	0.9	0.7	0.9	0.5	0.5	0.6	0.3	0.1	0.5
<i>Penicillium</i>	5,1	Verde	1.7	1.9	1.5	0.7	0.9	1.0	0.5	0.6	1.0
<i>Acremonium</i>	5,2	Blanco	1.0	1.3	0.8	0.5	0.6	0.3	0.3	0	0.5
<i>Acremonium</i>	5,3	Blanco felpa	1.6	1.7	1.9	0.6	0.6	0.4	0	0.1	0
<i>Alternaria</i>	6,1	Negruzco	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Penicillium</i>	6,2	Verde	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trichoderma</i>	6,3	Blanco	0	0	0	0	0	0	0	0	0

En los hongos identificados se realizó pruebas del efecto del extracto a diferentes concentraciones (100%, 75% y 50% en medio etanólico), en la tabla 4.3 se puede observar que en todos los casos se

obtuvo un mayor halo de inhibición en las pruebas realizadas con el extracto al 100%, seguidos del extracto al 75% y finalmente el menor efecto se produjo con el extracto al 50%, con excepción de las pruebas realizadas en la torre del INPC, en donde no se obtuvo efecto fungicida con ninguna concentración de extracto.

#### 4.5 Efecto antifúngico de los extractos con el paso del tiempo

En la tabla 4.4 se muestra el tiempo de duración del efecto antifúngico del extracto de albahaca a diferentes concentraciones, sobre los distintos hongos identificados.

**Tabla 4.4 Efecto de los extractos con el paso del tiempo**

Hongos	Caja	Color	Extracto al 100%			Extracto al 75%			Extracto al 50%		
			R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Penicillium	1,1	Verde	10	9	10	6	5	7	3	3	1
Aspergillus	1,2	Blanco	13	10	14	7	6	8	5	3	5
Aspergillus candidus	2,1	Blanco	18	20	17	13	11	15	8	7	5
Aspergillus Penicillium	2,2	Verde	14	16	16	9	11	8	6	4	4
Aspergillus aculeatus	2,3	Verde amarillento	8	10	11	0	0	0	0	0	0
Penicillium	3,1	Verde	14	16	15	9	8	10	6	6	4
Penicillium citroenigrum	3,2	Blanco	24	28	23	18	16	19	2	0	1
Aspergillus	4,1	Verde	4	3	5	1	0	1	0	0	0
Penicillium	4,2	Blanco	26	28	29	21	20	23	10	8	10
Acremonium	4,3	Blanco felpa	14	12	10	6	8	9	3	2	0
Penicillium	5,1	Verde	16	14	17	10	12	10	6	5	9
Acremonium	5,2	Blanco	15	15	13	11	8	7	6	8	4
Acremonium	5,3	Blanco felpa	11	9	12	7	5	6	0	0	0
Alternaria	6,1	Negruzco	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Penicillium	6,2	Verde	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tricoderma	6,3	Blanco	0	0	0	0	0	0	0	0	0

En los hongos identificados se realizó pruebas de la duración del efecto del extracto a diferentes concentraciones (100%, 75% y 50% en medio etanólico), en la tabla 4.4 se puede observar que en todos los casos se obtuvo un mayor tiempo de duración en las pruebas realizadas con el extracto al 100%, seguidos del extracto al 75% y finalmente el menor efecto se produjo con el extracto al 50%.

#### 4.6 Pruebas realizadas con formaldehído al 50%

Adicional se realizó una prueba de eficacia con formaldehído al 50% de concentración.

**Tabla 4.5 Pruebas realizadas con formaldehído al 50%**

Hongos	Caja	Color	Formaldehído al 50%		
			R1	R2	R3
Penicillium	1,1	Verde	1.5	1.3	1.6
Aspergillus	1,2	Blanco	0.5	6	8
Aspergillus candidus	2,1	Blanco	2.0	1.7	1.9
Aspergillus Penicillium	2,2	Verde	1.0	1.3	1.0
Aspergillus aculeatus	2,3	Verde amarillento	0	0	0.2
Penicillium	3,1	Verde	1.7	1.5	1.9
Penicillium citroenigrum	3,2	Blanco	2.3	2.0	2.6
Aspergillus	4,1	Verde	2.5	2.5	2.7
Penicillium	4,2	Blanco	2.3	2.0	2.4
Acremonium	4,3	Blanco felpa	1.2	1.0	1.4
Penicillium	5,1	Verde	2.0	2.3	2.1
Acremonium	5,2	Blanco	1.7	1.5	1.8
Acremonium	5,3	Blanco felpa	2.3	2.2	2.0
Alternaria	6,1	Negruzco	2.5	2.3	2.1
Penicillium	6,2	Verde	1.2	1.0	1.4
Tricoderma	6,3	Blanco	0.8	0.9	0.6

**Tabla 4.6 Efecto del formaldehído con el paso del tiempo**

Hongos	Caja	Color	Formaldehído al 50%		
			R1	R2	R3
Penicillium	1,1	Verde	13	12	13
Aspergillus	1,2	Blanco	16	15	18
Aspergillus candidus	2,1	Blanco	21	23	20
Aspergillus Penicillium	2,2	Verde	6	5	8
Aspergillus aculeatus	2,3	Verde amarillento	8	6	10
Penicillium	3,1	Verde	13	11	12
Penicillium citroenigrum	3,2	Blanco	31	29	31
Aspergillus	4,1	Verde	13	13	11
Penicillium	4,2	Blanco	30	29	31
Acremonium	4,3	Blanco felpa	18	16	16
Penicillium	5,1	Verde	20	22	19
Acremonium	5,2	Blanco	13	13	15
Acremonium	5,3	Blanco felpa	14	12	16
Alternaria	6,1	Negrusco	13	12	10
Penicillium	6,2	Verde	21	19	19
Tricoderma	6,3	Blanco	6	5	8

#### 4.7 Tratamiento estadístico

Para el tratamiento estadístico se realizaron 3 repeticiones de cada hongo identificado con cada concentración de extracto y se realizaron gráficos de comparación de medias para cada lugar de muestreo.

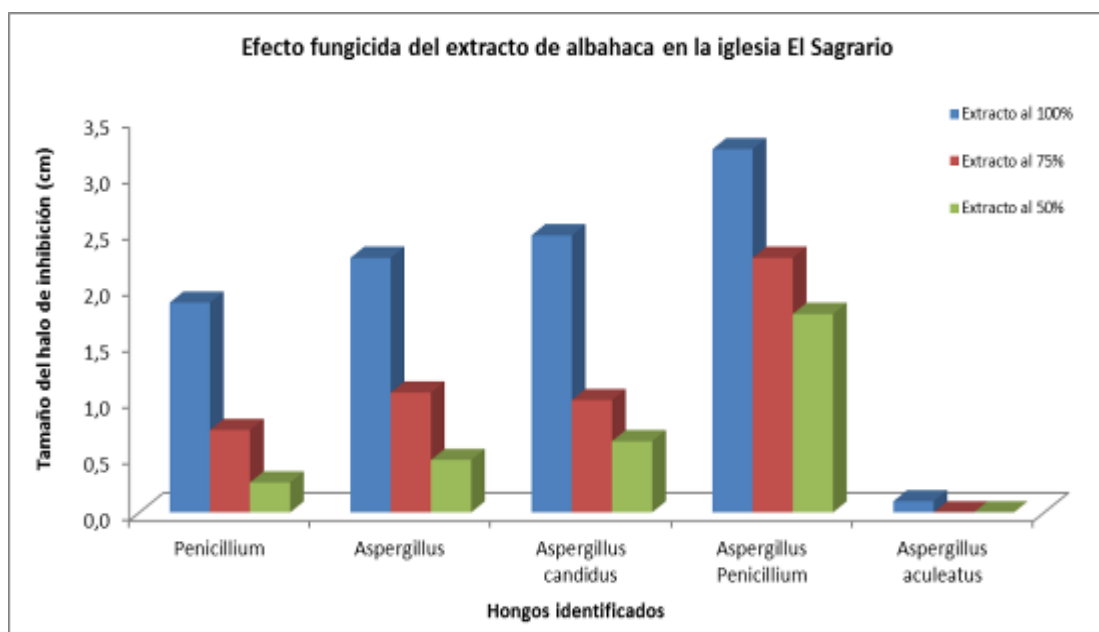
En la tabla 4.7 se puede observar que el mayor tamaño del halo de inhibición se obtuvo con la concentración al 100%, en la Iglesia El Sagrario el mayor tamaño de halo se obtuvo con el hongo *Aspergillus Penicillium* con una media de 3.2 cm, seguido del hongo *Aspergillus candidus*, con una media de 2.5 cm.

En el Convento de Santa Catalina, el mayor halo de inhibición se obtuvo en el hongo *Penicillium* con una media de 2.2 cm

En la Torre del INPC no se obtuvieron resultados positivos.

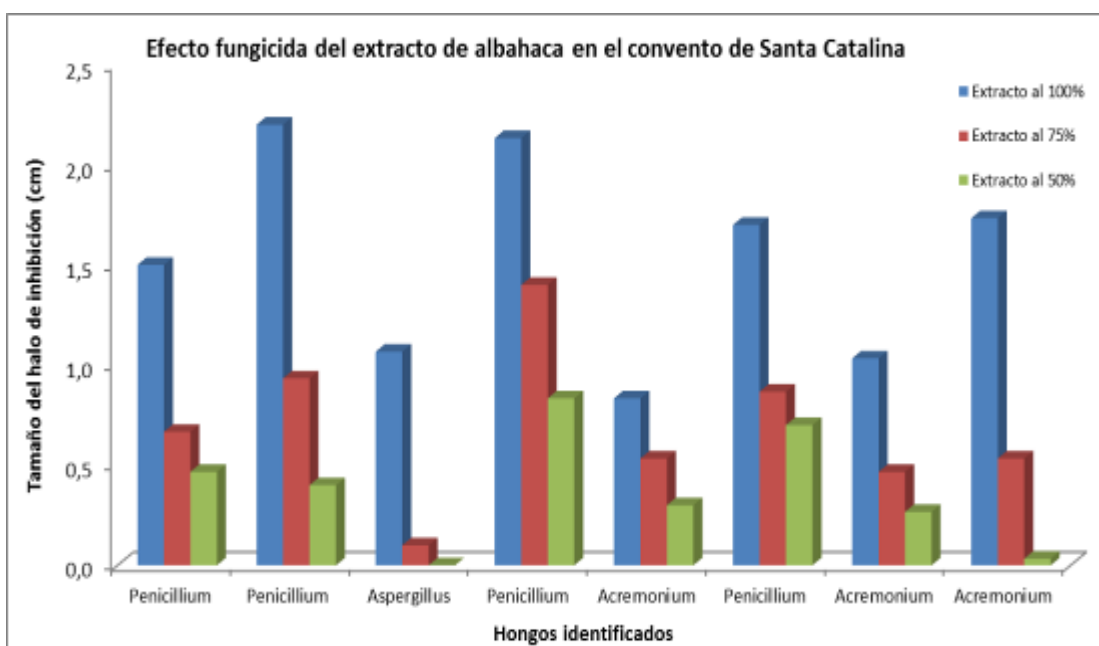
**Tabla 4.7 Efecto del extracto a distintas concentraciones**

Muestreo	Hongos	Extracto al 100%				Extracto al 75%				Extracto al 50%			
		Repetición	Repetición	Repetición	Media	Repetición	Repetición	Repetición	Media	Repetición	Repetición	Repetición	Media
		1	2	3		1	2	3		1	2	3	
Iglesia El Sagrario	Penicillium	2,0	1,9	1,7	1,9	0,8	0,6	0,8	0,7	0,4	0,2	0,2	0,3
	Aspergillus	2,5	2,0	2,3	2,3	1,3	1,0	0,9	1,1	0,5	0,3	0,6	0,5
	Aspergillus candidus	2,5	2,2	2,7	2,5	1,0	1,2	0,8	1,0	0,6	0,6	0,7	0,6
	Aspergillus Penicillium	3,0	3,2	3,5	3,2	2,5	2,0	2,3	2,3	2,0	1,5	1,8	1,8
	Aspergillus aculeatus	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Convento Santa Catalina	Penicillium	1,5	1,3	1,7	1,5	0,6	0,6	0,8	0,7	0,4	0,6	0,4	0,5
	Penicillium	2,0	2,4	2,2	2,2	0,8	0,9	1,1	0,9	0,4	0,2	0,6	0,4
	Aspergillus	1,0	1,2	1,0	1,1	0,1	0,2	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0
	Penicillium	2,1	2,0	2,3	2,1	1,2	1,5	1,5	1,4	0,9	0,7	0,9	0,8
	Acremonium	0,9	0,7	0,9	0,8	0,5	0,5	0,6	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3
	Penicillium	1,7	1,9	1,5	1,7	0,7	0,9	1,0	0,9	0,5	0,6	1,0	0,7
	Acremonium	1,0	1,3	0,8	1,0	0,5	0,6	0,3	0,5	0,3	0,0	0,5	0,3
	Acremonium	1,6	1,7	1,9	1,7	0,6	0,6	0,4	0,5	0,0	0,1	0,0	0,0
Torre Lateral INPC	Alternaria	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Penicillium	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Trichoderma	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0



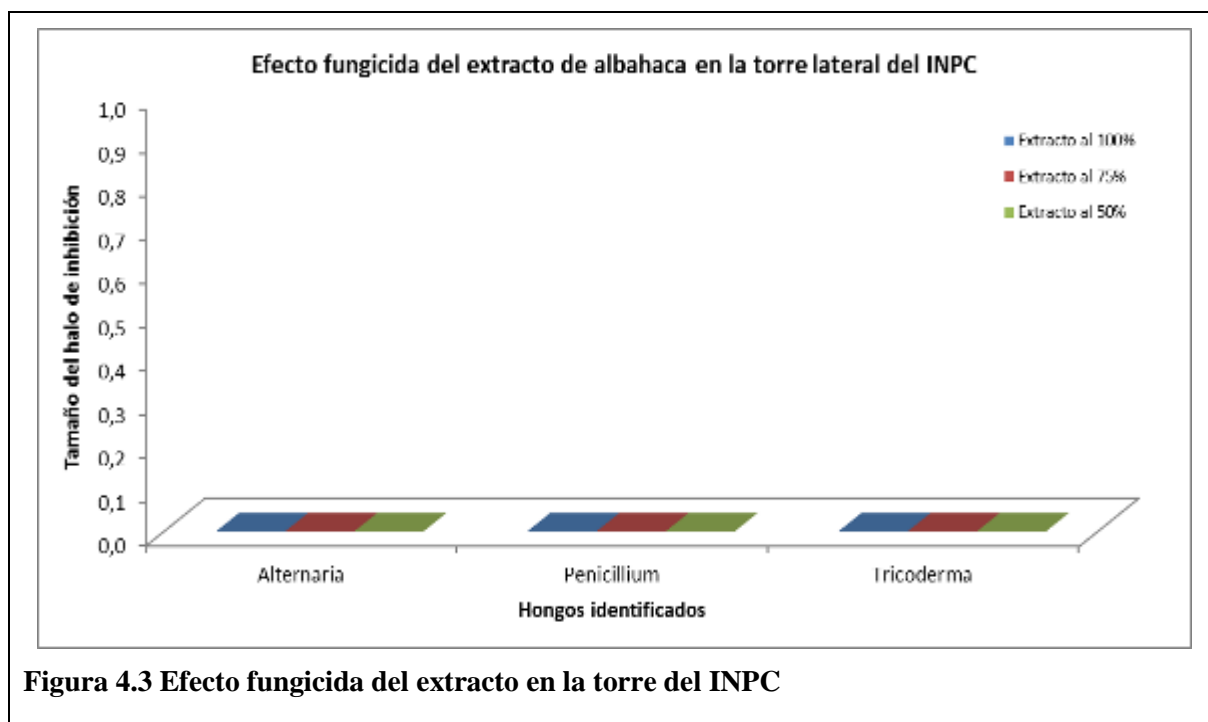
**Figura 4.1 Efecto fungicida del extracto en la Iglesia El Sagrario**

Al realizar el análisis en los gráficos de medias obtenidas, se puede observar que el mejor efecto fungicida se obtiene con el extracto de concentración 100%, para las muestras de hongos obtenidas de la iglesia El Sagrario, en el hongo *Aspergillus Penicillium* (Figura 4.1).



**Figura 4.2 Efecto fungicida del extracto en el convento de Santa Catalina**

Al realizar el análisis en los gráficos de medias obtenidas en los hongos aislados en el convento de Santa Catalina, se puede observar que el mejor efecto fungicida se obtiene con el extracto de concentración 100%, El mayor efecto se obtuvo en el hongo *Penicillium* (Figura 4.2)



En la torre del INPC, no se obtuvo un efecto fungicida con ninguna concentración del extracto, posiblemente estos son más resistentes, debido a que se encuentran en un lugar deshabitado y al intemperie.

En la tabla 4.8 se puede observar que el mayor tiempo de duración del efecto de inhibición se obtuvo con la concentración al 100%, en la Iglesia El Sagrario el mayor tiempo de duración se obtuvo con el hongo *Aspergillus candidus*, con una media de 18 días, seguido del hongo *Aspergillus penicillium*, con una media de 15 días..

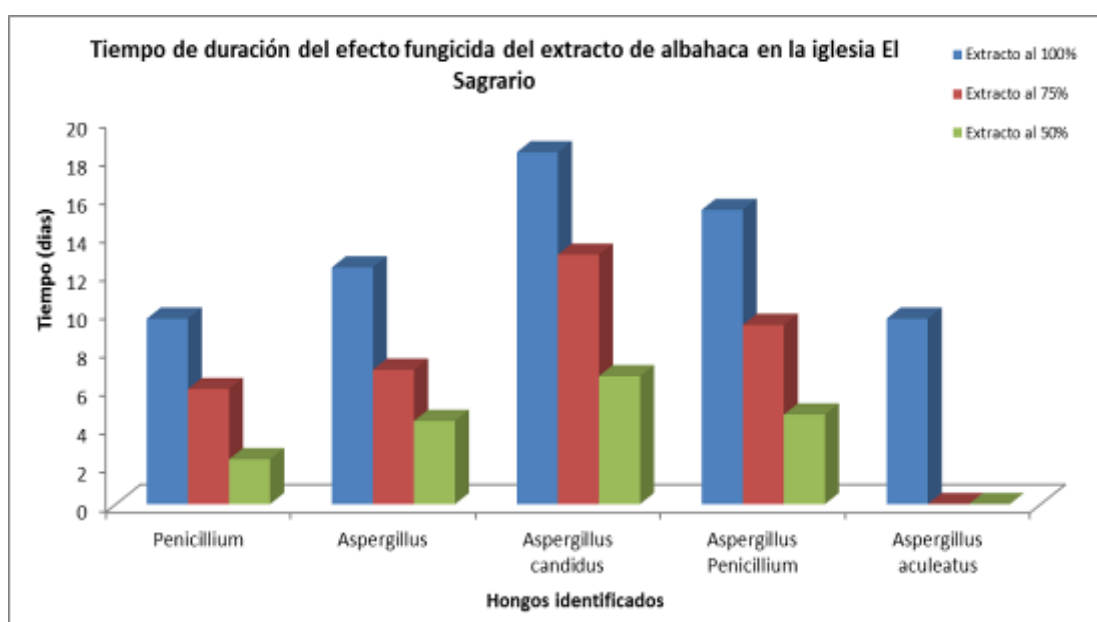
En el Convento de Santa Catalina, el mayor tiempo de duración se obtuvo con el hongo *Penicillium* con una media de 28 días.

En la Torre del INPC no se obtuvieron resultados positivos.



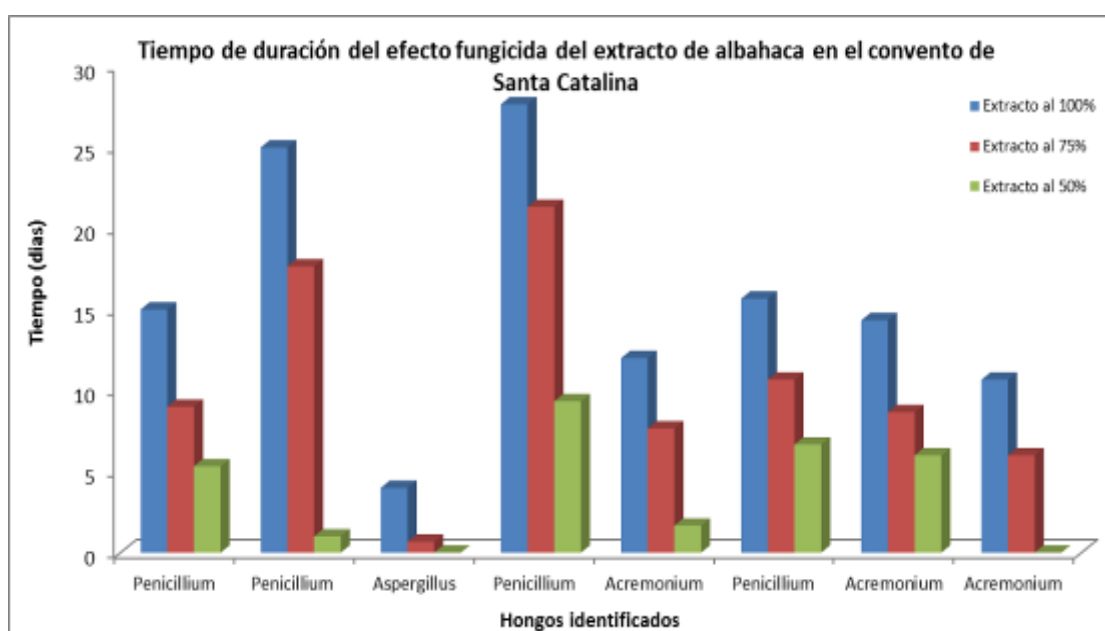
**Tabla 4.8 Tiempo de duración del extracto de albahaca a distintas concentraciones**

Muestreo	Hongos	Extracto al 100%				Extracto al 75%				Extracto al 50%			
		Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Media	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Media	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3	Media
Iglesia El Sagrario	Penicillium	10	9	10	10	6	5	7	6	3	3	1	2
	Aspergillus	13	10	14	12	7	6	8	7	5	3	5	4
	Aspergillus candidus	18	20	17	18	13	11	15	13	8	7	5	7
	Aspergillus Penicillium	14	16	16	15	9	11	8	9	6	4	4	5
	Aspergillus aculeatus	8	10	11	10	0	0	0	0	0	0	0	0
Convento Santa Catalina	Penicillium	14	16	15	15	9	8	10	9	6	6	4	5
	Penicillium	24	28	23	25	18	16	19	18	2	0	1	1
	Aspergillus	4	3	5	4	1	0	1	1	0	0	0	0
	Penicillium	26	28	29	28	21	20	23	21	10	8	10	9
	Acremonium	14	12	10	12	6	8	9	8	3	2	0	2
	Penicillium	16	14	17	16	10	12	10	11	6	5	9	7
	Acremonium	15	15	13	14	11	8	7	9	6	8	4	6
	Acremonium	11	9	12	11	7	5	6	6	0	0	0	0
Torre Lateral INPC	Alternaria	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Penicillium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Trichoderma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



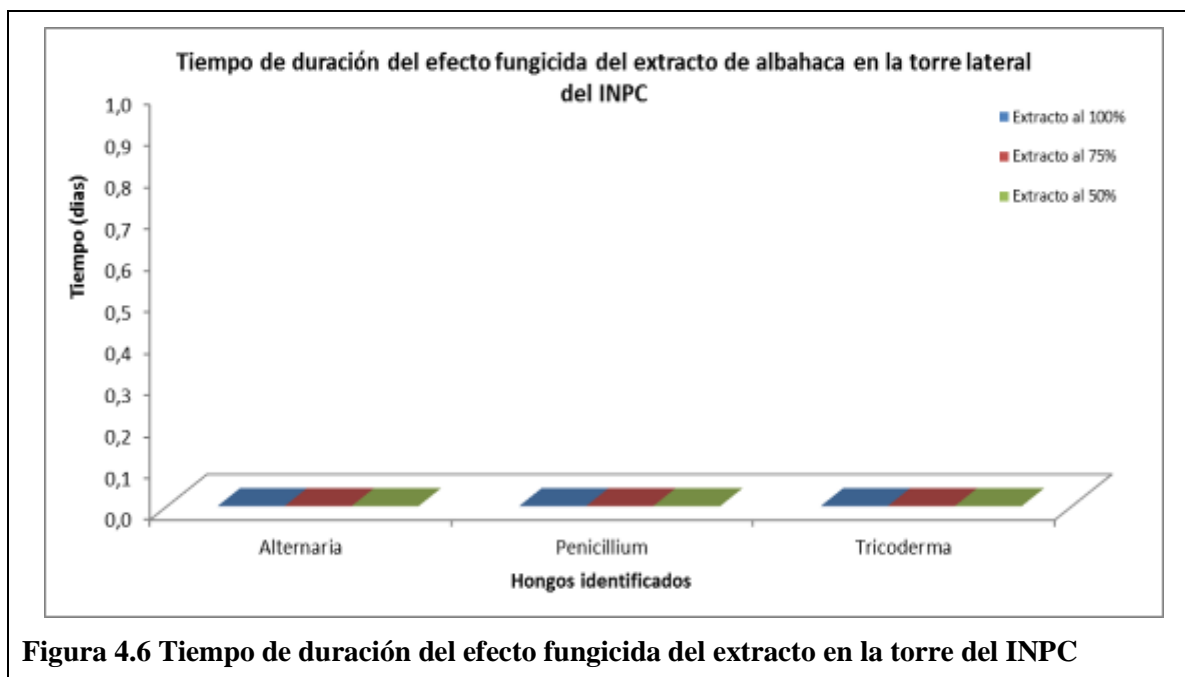
**Figura 4.4** Tiempo de duración del efecto fungicida del extracto en la iglesia El Sagrario

Al realizar el análisis en los gráficos de medias obtenidas, se puede observar que el mayor tiempo de duración del efecto fungicida se obtiene con el extracto de concentración 100%, para las muestras de hongos obtenidas de la iglesia El Sagrario, en el hongo *Aspergillus candidus* (Figura 4.4).



**Figura 4.5** Tiempo de duración del efecto fungicida del extracto en el convento de Santa Catalina

Al realizar el análisis en los gráficos de medias obtenidas en los hongos aislados en el convento de Santa Catalina, se puede observar que el mejor efecto fungicida se obtiene con el extracto de concentración 100%, El mayor efecto se obtuvo en el hongo *Penicillium* (Figura 4.5).



**Figura 4.6** Tiempo de duración del efecto fungicida del extracto en la torre del INPC

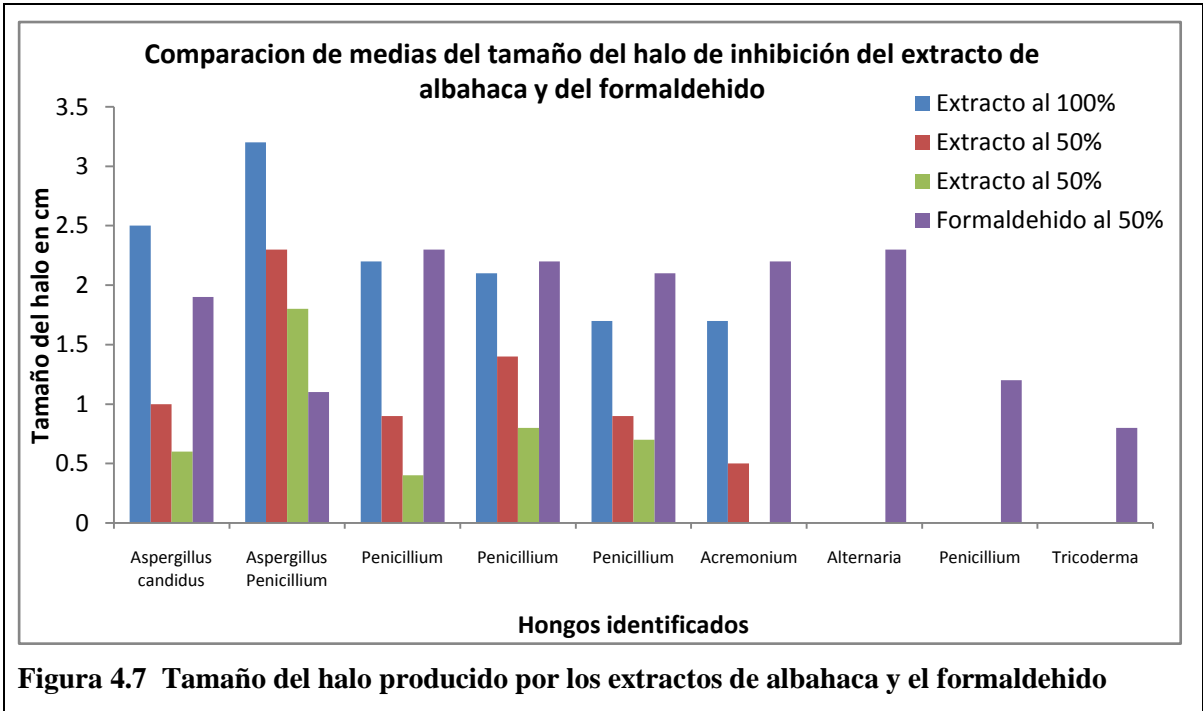
**Tabla 4.9** Tamaño del halo producido por los extractos de albahaca y el Formaldehído.

Muestreo	Hongos	Extracto al 100% Media	Extracto al 75% Media	Extracto al 50% Media	Formaldehído al 50% Media
Iglesia El Sagrario	<i>Aspergillus candidus</i>	2,5	1	0,6	1,9
	<i>Aspergillus Penicillium</i>	3,2	2,3	1,8	1,1
Convento Sta. Catalina	<i>Penicillium</i>	2,2	0,9	0,4	2,3
	<i>Penicillium</i>	2,1	1,4	0,8	2,2
	<i>Penicillium</i>	1,7	0,9	0,7	2,1
	<i>Acremonium</i>	1,7	0,5	0	2,2
Torre Lateral INPC	<i>Alternaria</i>	0	0	0	2,3
	<i>Penicillium</i>	0	0	0	1,2
	<i>Tricoderma</i>	0	0	0	0,8

En la tabla 4.9 se realizó la comparación con los hongos en los que se obtuvieron mejores resultados en cada uno de los lugares de muestreo del efecto del extracto de albahaca a 3 concentraciones con una solución de formaldehído al 50% de concentración, en la Iglesia El Sagrario los mejores resultados se obtuvieron con el extracto de albahaca al 100%.

En el convento de Santa Catalina el formaldehído tiene prácticamente el mismo efecto que el extracto de albahaca al 100%.

En la torre del INPC el mejor si se obtuvo efecto con el formaldehído a diferencia del extracto de albahaca.

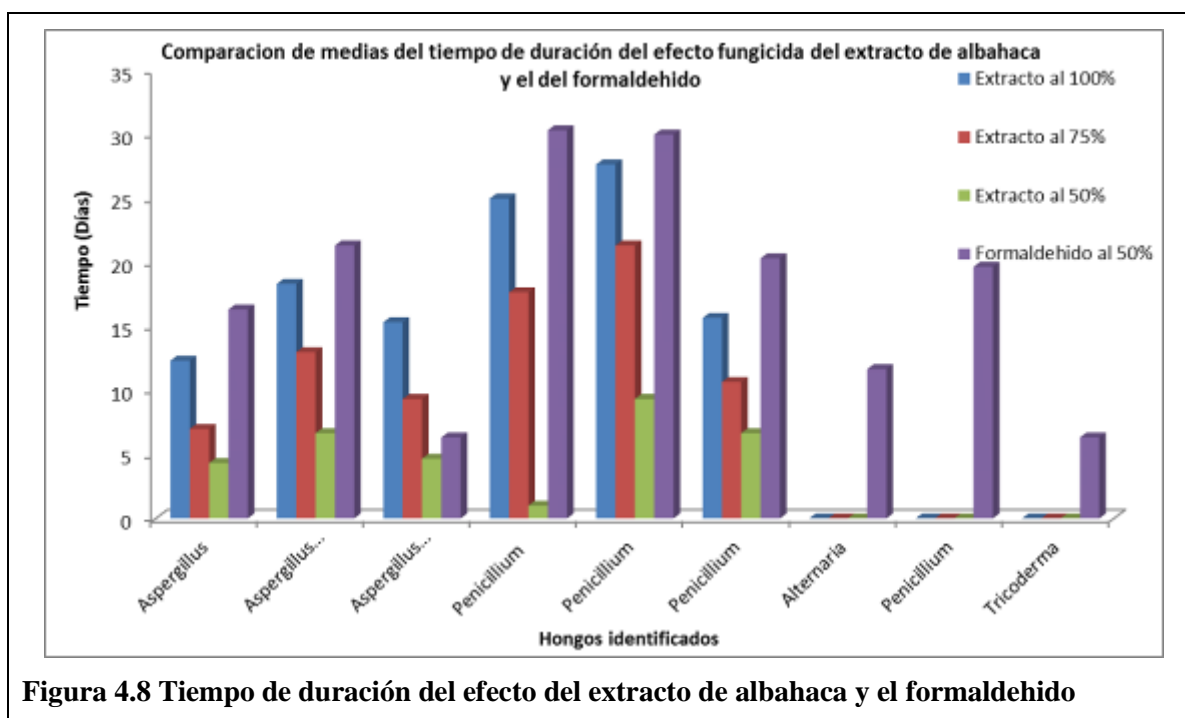


En la figura 4.7 se puede observar que para los hongos aspergillus candidus y aspergillus penicillium se obtuvo un mayor halo de inhibición con el extracto de albahaca al 100% de concentración teniéndose 2.5 cm y 3.2 cm respectivamente.

Para el resto de hongo se obtuvo un mejor efecto con el formaldehído al 50%.

**Tabla 4.10 Tiempo de duración del efecto del extracto de albahaca y el formaldehído**

Muestreo	Hongos	Extracto al 100% Media	Extracto al 75% Media	Extracto al 50% Media	Formaldehído al 50% Media
Iglesia El Sagrario	Aspergillus	12	7	4	16
	Aspergillus candidus	18	13	7	21
	Aspergillus				
	Penicillium	15	9	5	6
Convento Sta. Catalina	Penicillium	25	18	1	30
	Penicillium	28	21	9	30
	Penicillium	16	11	7	20
Torre Lateral INPC	Alternaria	0	0	0	12
	Penicillium	0	0	0	20
	Tricoderma	0	0	0	6



Como se puede observar en la tabla 4.10 y en la figura 4.8 el mayor tiempo de duración del efecto antifúngico se obtuvo en todos los casos con el formaldehído al 50%.

Los mayores tiempos de duración se obtuvieron sobre los hongos del género *Penicillium* con una media de 30 días.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En la caracterización por cromatografía GC-MS se identificó en mayor abundancia de Eugenol y Linalol, compuestos fenólicos que según la teoría le dan la propiedad fungicida al extracto.
- Al realizar las pruebas fisicoquímicas se obtuvo un pH de 5.3 y un índice de refracción de 1.446, el primero indica la presencia de compuestos fenólicos identificados en la cromatografía GC-MS y el segundo se encuentra dentro del rango normal para aceites esenciales. En cuanto a la solubilidad se estableció que el extracto es soluble en etanol y metanol, e insoluble en agua. (Tabla 4.1).
- Mediante el análisis microbiológico se concluye que el deterioro observado en los bienes patrimoniales seleccionados se debe al ataque por hongos.
- En el muestreo realizado en la iglesia El Sagrario se identificaron los siguientes géneros de hongos: *Penicillium* sp., *Aspergillus*, *Aspergillus candidus*, *Aspergillus Penicillium* y *Aspergillus aculeatus*. En cambio en el convento de Santa Catalina se identificaron: *Penicillium*, *Penicillium citroenigrum*, *Aspergillus* y *Acremonium*, y en el INPC: *Alternaria alternata*, *Penicillium* y *Trichoderma*. (Tabla 4.2)
- Al realizar el análisis en los gráficos de medias obtenidas, se puede observar que el mejor efecto fungicida se obtiene con el extracto de concentración 100%, para las muestras de hongos obtenidas de la iglesia El Sagrario y el convento de Santa Catalina, no así para las muestras obtenidas en el INPC en el cual no se obtuvo un efecto fungicida con ninguna concentración del extracto, posiblemente estos son más resistentes, debido a que se encuentran en un lugar deshabitado y al intemperie.
- En la iglesia El Sagrario, el mejor efecto fungicida se obtuvo en el hongo *Aspergillus* *Penicillium* y en el convento de Santa Catalina en el género *Penicillium*.

- En cuanto al tiempo de duración del efecto del extracto, el mayor tiempo de acción se obtuvo en los géneros a los que se les aplicó la concentración de extracto del 100%. (Tabla 4.8)
- En la iglesia El Sagrario el mayor tiempo de duración se dio en el género *Aspergillus candidus* con una duración promedio de 18 días. (Figura 4.1)
- En el convento de Santa Catalina, el género *Penicillium* presentó el mayor tiempo de duración con un promedio de 28 días. (Figura 4.2)
- Al realizar una comparación del efecto fungicida de los extractos con formaldehído al 50% de concentración, en la Iglesia El Sagrario se obtuvo mejores resultados con el extracto de albahaca al 100%, sin embargo el tiempo del efecto fungicida es mayor con el formaldehído.
- En el convento de Santa Catalina se obtiene mayor efecto fungicida con el formaldehído, el cual presenta también un mayor tiempo de acción.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Durante la obtención del extracto se recomienda prestar atención a las temperaturas indicadas en la técnica, ya que estas pueden afectar considerablemente el resultado deseado, debido a que los aceites esenciales son sustancias muy volátiles.
- Si bien el costo de preparación de un fungicida natural resulta más costoso que obtener uno comercial, se recomienda el uso del fungicida natural porque a largo plazo nos ayuda a prevenir problemas de salud principalmente en los encargados de realizar constantemente las curaciones a los bienes patrimoniales.
- Se recomienda realizar la aplicación del producto de este estudio para comprobar si los resultados obtenidos a nivel de laboratorio son reproducibles en la práctica.



## BIBLIOGRAFÍA

- Arias Cifuentes, E., & Piñeros Espinosa, P. (2008). *Tesis: Aislamiento e identificación de hongos filamentosos de muestras de suelos de los paramos de Guasca y Cruz verde*. Recuperado el 11 de noviembre de 2012, de Pontificia Universidad Javeriana: [www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis226.pdf](http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis226.pdf)
- Arístegui, B. (2010). *El reino de los hongos*. Recuperado el 08 de noviembre de 2012, de [blogs.mdp.utn.edu.ar/mpersico/files/2010/07/hongos001.pdf](http://blogs.mdp.utn.edu.ar/mpersico/files/2010/07/hongos001.pdf)
- Brisa del Mar. (2009). *Refractómetro*. Recuperado el 14 de Marzo de 2013, de Química Gris: <http://quimica-gris.blogspot.com/>
- Caneva, G. G., Nugari, M. P., & Salvadori, O. (2000). *La Biología en la restauración* (1a ed.). Nerea.
- Capuz Lladro, R. (2005). *Materiales orgánicos: maderas* (1a ed.). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia (UPV).
- Cevallos, J. (19 de Noviembre de 2004). Ley de Patrimonio Cultural. Codificación. Quito: Honorable Congreso Nacional de Ecuador.
- Durst, H. D., & Gokel, G. W. (2007). *Química orgánica experimental*. Barcelona: Reverté.
- Elizabeth Murillo, K. F. (2004). Caracterización físico-química del aceite esencial de albahaca. En: *Revista colombiana de Química*, 33(2), 139-148.
- Ferrantelli, P. (2005). *Enciclopedia practica de las medicinas alternativas / Free Practice of Alternative Medicines: Mas de 300 terapias naturales, alimentos que curan, hierbas, y plantas medicinales para una mejor calidad de vida*. Buenos Aires: Ediciones Lea.
- John I. Pitt, A. D. (2009). *Fungi and Food Spoilage* (3a ed.). New York: Springer Science + Business Media.
- Marrero, G. V., Escandón, M. C., & Rafaela Soto, A. M. (2005). *Instructivo técnico del cultivo de la albahaca (Ocimum basilicum L) en Cuba*. Recuperado el 08 de octubre de 2012, de FAO: [www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5178/albahaca.pdf](http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/5178/albahaca.pdf)

- Martí, M. d., Alonso, R., & Constans, A. (2011). *Identificación de hongos*. Recuperado el 30 de abril de 2013 , de SIAFA Seguridad, higiene y medio ambiente: <http://www.siafa.com.ar/notas/nota43/hongos.htm>
- Martiarena, X. (1992). Conservación y restauración. *En Cuadernos de Sección. Artes Plásticas y Documentales*(10), 177-224.
- Mejía, A., & Cristina, M. (2006). *Plantas medicinales botánica de interés médico* (1a ed.). Manizales, Colombia: Tizán.
- Michael T. Madigan, J. N. (2003). *Brock Biología de los Microorganismos* (10a ed.). Madrid: Pearson Prentice Hall.
- Miller, J. M. (1993). *Estadística para Química Analítica* (2a ed.). Wilmington: Addison Wesley Iberoamerican.
- Montes Belmont, R., Cruz Cruz, V., Martínez Martínez, G., Sandoval García, G., García Licon, R., Zilch Domínguez, S., y otros. (2000). Propiedades antifúngicas en plantas superiores. Análisis retrospectivo e investigaciones. *En: Revista Mexicana de Fitopatología*, 18(2), 125-131.
- Muñoz, A., Patiño, J. G., Cardenas, C. Y., Reyes, J. A., Martínez, J. R., & Staschenko, E. E. (2007). Composición química de extractos obtenidos por destilaciónextracción simultánea con solvente de hojas e inflorescencias de nueve especies y/o variedades de albahacas (*ocimum spp.*). *En: Scientia Et Technica*, 1(33), 197-199.
- Nastar, B. (2009). *Tesis: Proyecto de factibilidad para la exportación de albahaca, como hierba deshidratada, al mercado de Alemania*. Recuperado el 20 de octubre de 2012, de <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/6880?mode=full>
- Nieves, V., & Garcia, R. (2002). Conferencia: El biodeterioro de materiales orgánicos. (pág. 22). Madrid: Arbor.
- Olivera Bravo, S., & Rodríguez Iturralde, D. (2012). *Pesticida, salud y ambiente*. Recuperado el 30 de diciembre de 2012, de Posdata, artículos de divulgación científica: <http://www.iibce.edu.uy/posdata/index.htm>
- Peraza Sanchez, F. (2001). *Protección preventiva de la madera* (1a ed.). Madrid: AITIM.

- Piña López, C. (2011). *Microbiología*. Recuperado el 28 de diciembre de 2012, de Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería:  
[http://www.unad.edu.co/fac\\_ingenieria/pages/Microbiologia\\_mutimedia/3\\_4\\_2siembra.htm](http://www.unad.edu.co/fac_ingenieria/pages/Microbiologia_mutimedia/3_4_2siembra.htm)
- Remacha Gete, A. (Julio de 1988). Degradacion de la madera por organismos xilófagos vegetales. *En: Asociación de investigación técnica de las industrias de la madera*, 3(133), 1-2.
- Rubinson. (2001). *Análisis Instrumental*. Madrid: Pearson Educación.
- Saccarello, M. V. (2010). *La madera: de su conocimiento a su conservación*. Bolivia: Gente común.
- Sánchez Govín, E., Leal López, I. M., Fuentes Hernández, L., & Rodríguez Ferrada, C. (2000). Estudio farmacognóstico de ocimum basilicum l. (albahaca blanca). *En: Revista Cubana de Farmacia*, 3(34), 187-195.
- Skoog. (2000). *Principios del analisis instrumental* (8a ed.). Madrid: Mc Graw-Hill.
- Tochtli. (10 de junio de 2012). *Albahaca - Ficha técnica*. Recuperado el 05 de enero de 2013, de Huerto Tochtli: <http://huertotochtli.blogspot.com/>
- Tomé, R., & Marques, G. (2012). *Atlas Micología*. Recuperado el 29 de 05 de 2013, de <http://atlasmicologia.blogspot.com/>
- Toxicologia.net. (2001). *Indice de tóxicos*. Recuperado el 20 de octubre de 2012, de toxicologia.net: <http://wzar.unizar.es/stc/toxicologianet/pages/x/x15/x15a/01.htm>
- Unesco. (2009). *Efemérides del Ecuador*. Recuperado el 25 de mayo de 2013, de Boletín de la Comisión Nacional Ecuatoriana de Cooperación con la Unesco: <http://www.efemerides.ec/>
- Urcia Ausejo, F., Casquero Cavero, J., & Guevara Robles, M. (2007). *Manual de procedimientos y técnicas*. Lima: Filmart SAC.
- Valcárcel Cases, M., & Gómez Hens, A. (1988). *Técnicas analíticas de separación* (1a ed.). Barcelona, España: Reverté.

## ANEXOS

### Anexo A. Muestreo Iglesia El sagrario



**Imagen A.1. Sotobanco calle lateral derecho**

**Nota:** Sotobanco es la parte inferior de la estructura de un retablo



**Imagen A.2. Retablo Virgen de Guadalupe**

**Nota:** Retablo es la estructura arquitectónica, pictórica y escultórica que se sitúa detrás del altar en las iglesias católicas.



**Imagen A.3. Sotobanco calle lateral izquierdo**

**Nota:** Sotobanco es la parte inferior de la estructura de un retablo.



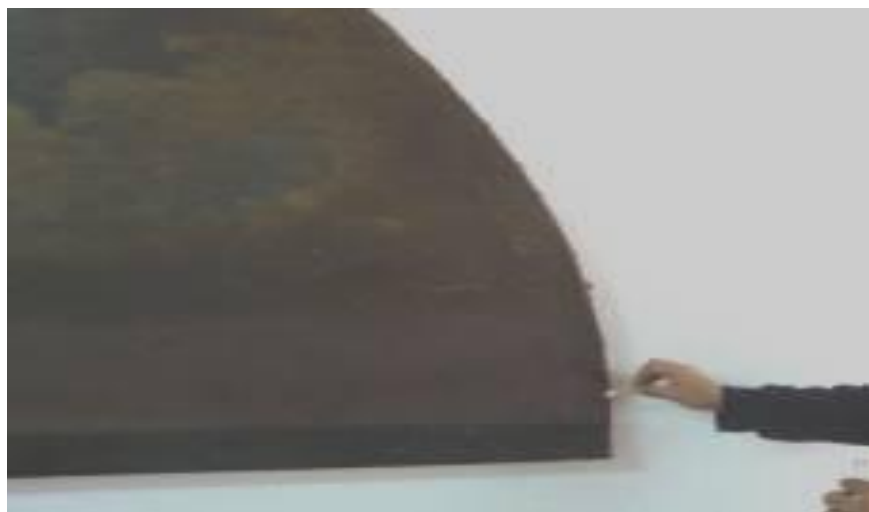
**Imagen A.4. Retablo Virgen del Cisne**

**Nota:** Retablo es la estructura arquitectónica, pictórica y escultórica que se sitúa detrás del altar en las iglesias católicas.

## **Anexo B. Muestreo Convento de Santa Catalina**



**Imagen B.1. Cuadro Virgen del Rosario**



**Imagen B.2. Lateral Derecho**



**Imagen B.3.** Parte posterior Cuadro Virgen del Rosario



**Imagen B.4.** Muestreo Convento de Santa Catalina





**Imagen B.5. Portón lateral Señor de las Misericordias**

### **Anexo C. Muestreo Instituto Nacional de Patrimonio Cultural**



**Imagen C.1. Torre del patio posterior INPC**

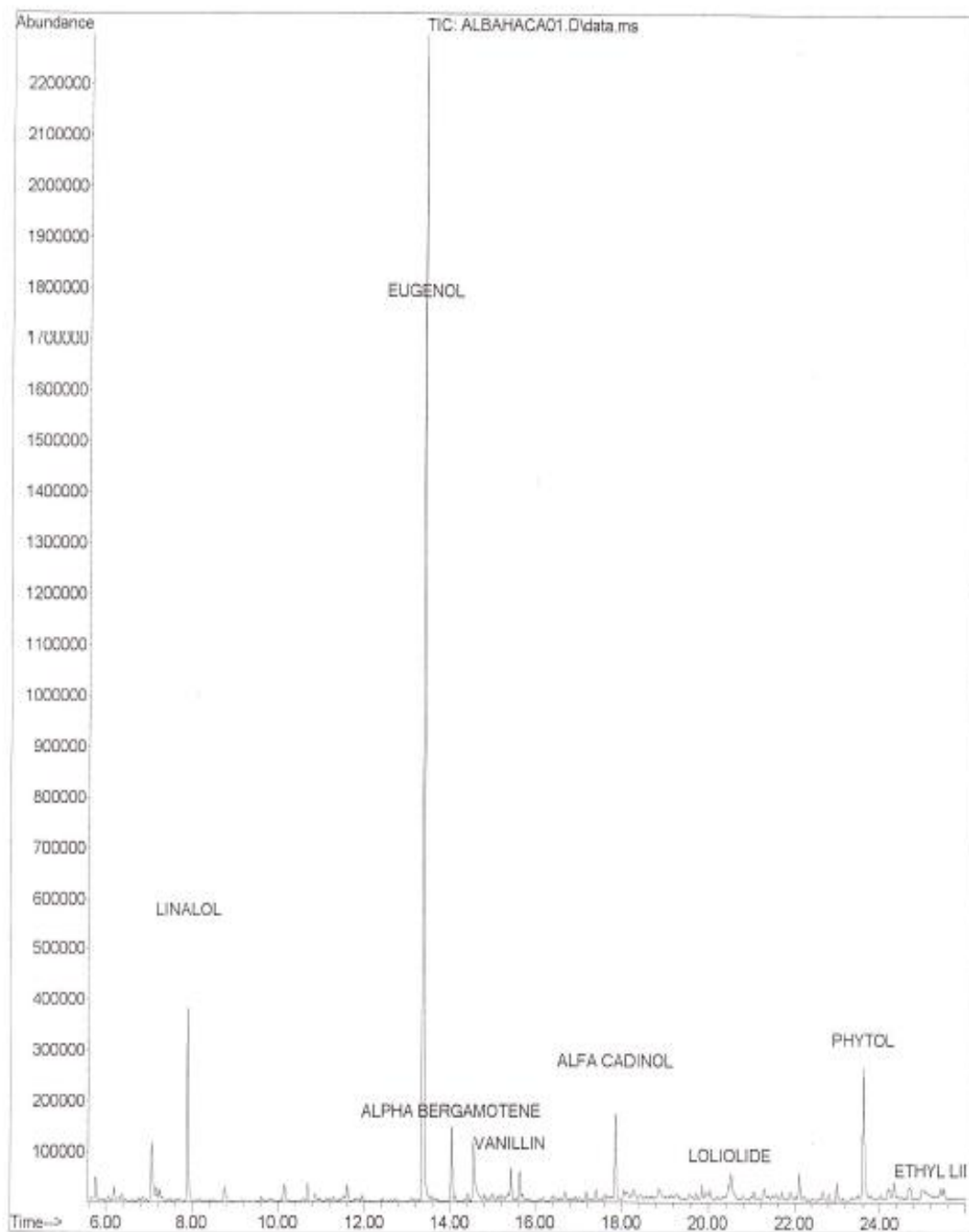







**Imagen C.2. Vigas de la torre del patio**




## Anexo D. Cromatografía

File :D:\pesti2012\DATOS\ABRIL\20042012\ALBAHACA01.D  
Operator : ORLANDO FELICITA  
Acquired : 20 Apr 2012 10:34 using AcqMethod ALBAHACA03.M  
Instrument : CEAS01  
Sample Name: ALBAHACA  
Misc Info : ALBAHACA EN TOLUENO  
Vial Number: 1


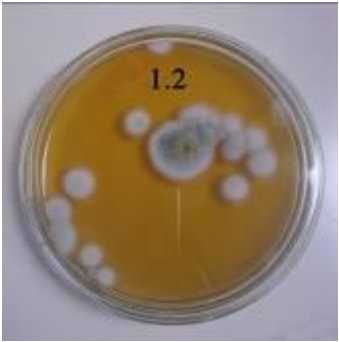

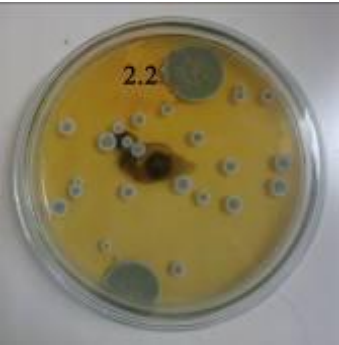


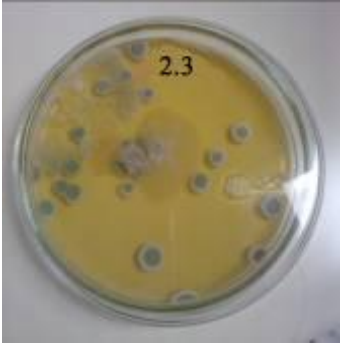
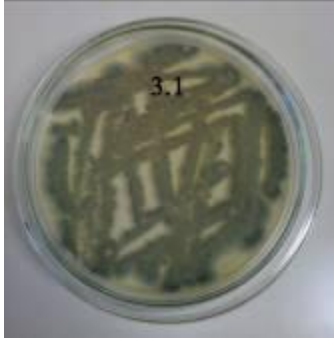
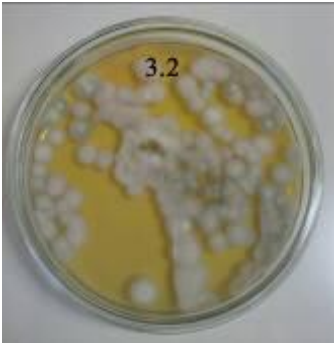
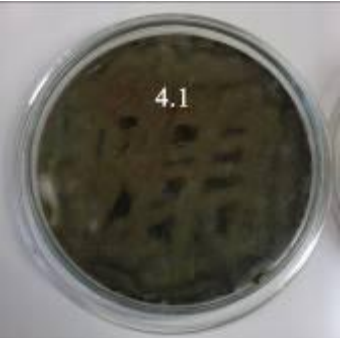
### Anexo E. Hongos encontrados en el muestreo



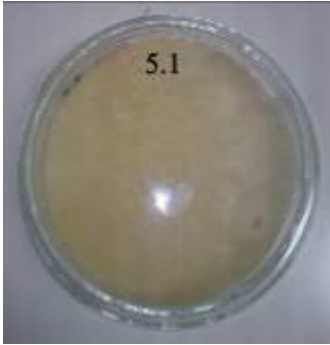

Muestra	Lugar de muestreo	Imagen
1	El Sagrario Sotobanco lateral derecho Retablo Virgen de Guadalupe	 <p data-bbox="871 813 1123 846"><b>Imagen E.1 Muestra 1</b></p>
2	El Sagrario Sotobanco lateral izquierdo Retablo Virgen del Cisne	 <p data-bbox="871 1274 1129 1308"><b>Imagen E.2 Muestra 2</b></p>
3	Santa Catalina Cuadro Virgen del Rosario lateral derecho	 <p data-bbox="871 1753 1129 1787"><b>Imagen E.3 Muestra 3</b></p>


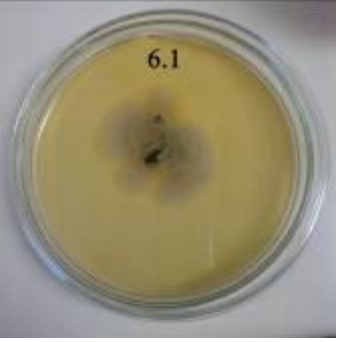


Muestra	Lugar de muestreo	Imagen
4	Santa Catalina Cuadro Virgen del Rosario parte posterior	 <p data-bbox="874 656 1129 685">Imagen E.4 Muestra 4</p>
5	Santa Catalina portón lateral Señor de las Misericordias	 <p data-bbox="874 1104 1129 1133">Imagen E.5 Muestra 5</p>
6	INPC	 <p data-bbox="874 1507 1129 1536">Imagen E.6 Muestra 6</p>

### Anexo F. Hongos aislados

Muestra	Lugar de muestreo	Caja	Imagen
Muestra 1	El Sagrario Sotobanco lateral derecho Retablo Virgen de Guadalupe	1,1	 <p><b>Imagen F.1Hongo 1.1</b></p>
		1,2	 <p><b>Imagen F.2Hongo 1.2</b></p>
Muestra 2	El Sagrario Sotobanco lateral izquierdo Retablo Virgen del Cisne	2,1	 <p><b>Imagen F.3 Hongo 2.1</b></p>
		2,2	 <p><b>Imagen F.4Hongo 2.2</b></p>


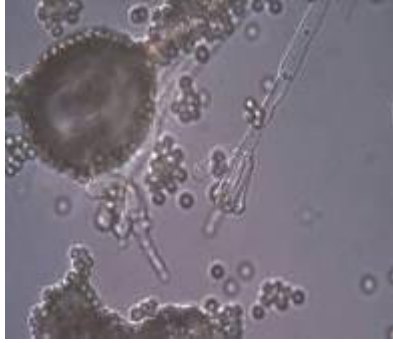

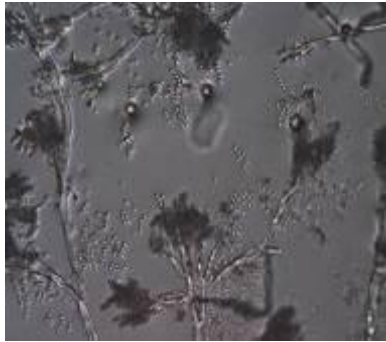
Muestra	Lugar de muestreo	Caja	Imagen
		2,3	 <p><b>Imagen F.5 Hongo 2.3</b></p>
Muestra 3	Santa Catalina Cuadro Virgen del Rosario lateral derecho	3,1	 <p><b>Imagen F.6 Hongo 3.1</b></p>
		3,2	 <p><b>Imagen F.7 Hongo 3.2</b></p>
Muestra 4	Santa Catalina Cuadro Virgen del Rosario parte posterior	4,1	 <p><b>Imagen F.8 Hongo 4.1</b></p>

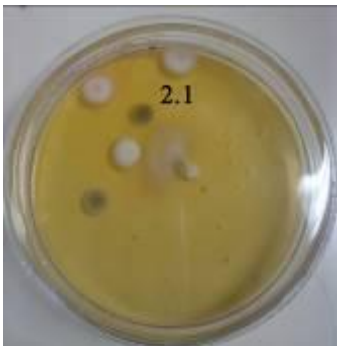



Muestra	Lugar de muestreo	Caja	Imagen
Muestra 4	Santa Catalina Cuadro Virgen del Rosario parte posterior	4,2	 <p><b>Imagen F.9 Hongo 4.2</b></p>
		4,3	 <p><b>Imagen F.10 Hongo 4.3</b></p>
Muestra 5	Santa Catalina portón lateral Señor de las Misericordias	5,1	 <p><b>Imagen F.11 Hongo 5.1</b></p>
		5,2	 <p><b>Imagen F.12 Hongo 5.2</b></p>

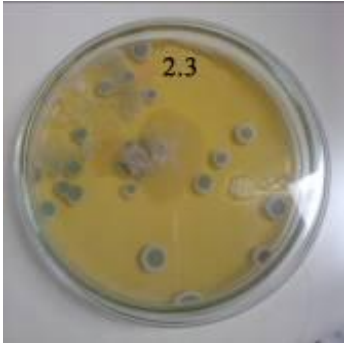

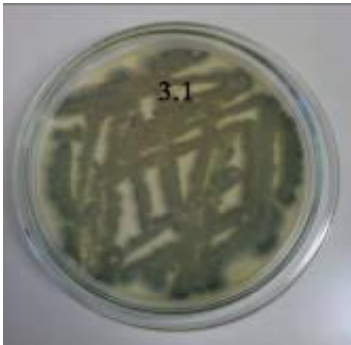
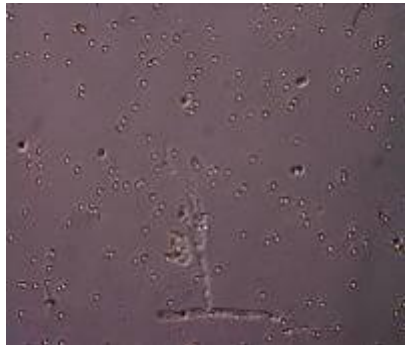
Muestra	Lugar de muestreo	Caja	Imagen
		5,3	 <p>Imagen F.13 Hongo 5.3</p>
Muestra 6	INPC	6,1	 <p>Imagen F.14 Hongo 6.1</p>
		6,2	 <p>Imagen F.15 Hongo 6.2</p>
		6,3	 <p>Imagen F.16 Hongo 6.3</p>

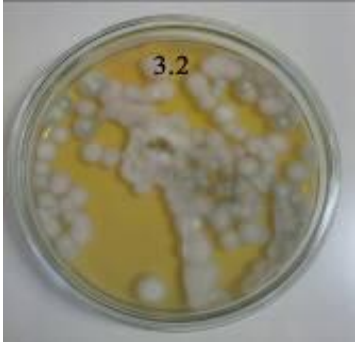
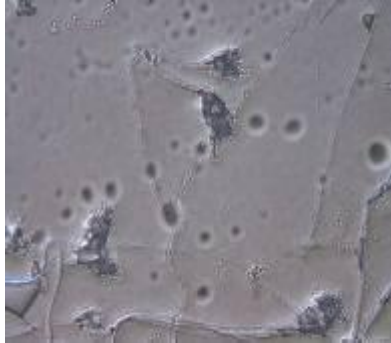
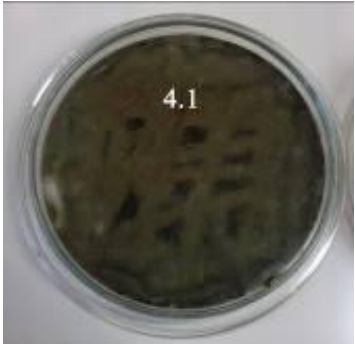
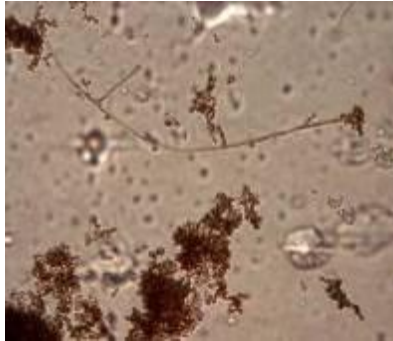



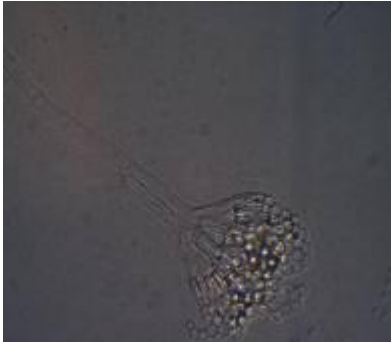


### Anexo G. Identificación de hongos al microscopio

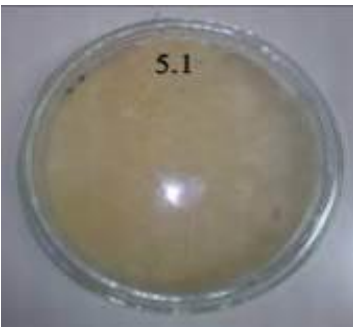
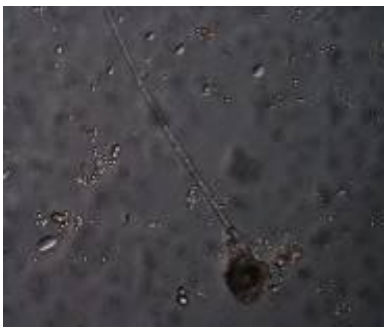

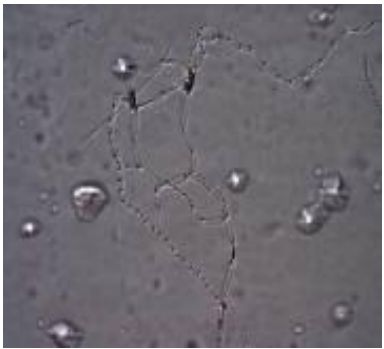
Muestra	Lugar de muestreo	Caja	Imagen	Imagen al microscopio
Muestra 1	El Sagrario Sotobanco lateral derecho Retablo Virgen de Guadalupe	1,1	 <p>Imagen G.1 Hongo 1.1 <i>Penicillium</i> sp</p>	 <p>Imagen G.2 <i>Penicillium</i> sp. microscópicamente 40x</p>
		1,2	 <p>Imagen G.3 Hongo 1.2: <i>Penicillium</i></p>	 <p>Imagen G.4 <i>Penicillium</i> microscópicamente 40x</p>

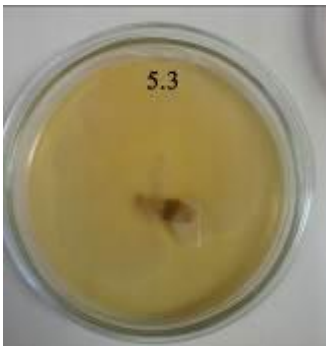
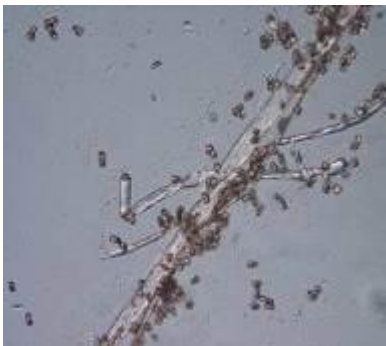
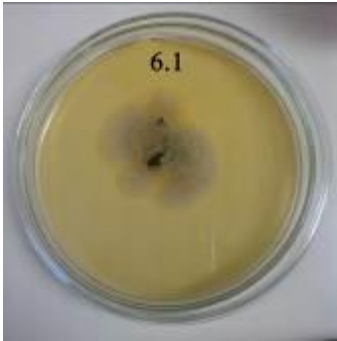

Muestra	Lugar de muestreo	Caja	Imagen	Imagen al microscopio
Muestra 2	El Sagrario Sotobanco lateral izquierdo Retablo Virgen del Cisne	2,1	 <p><b>Imagen G.5 Hongo 2.1: Aspergillus candidus</b></p>	 <p><b>Imagen G.6 Aspergillus candidus microscópicamente 100x</b></p>
		2,2	 <p><b>Imagen G.7 Hongo 2.2: Aspergillus Penicillium</b></p>	 <p><b>Imagen G.8 Aspergillus Penicillium microscópicamente 40x</b></p>

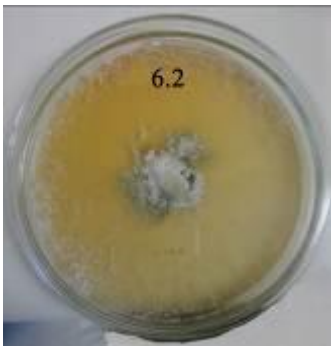

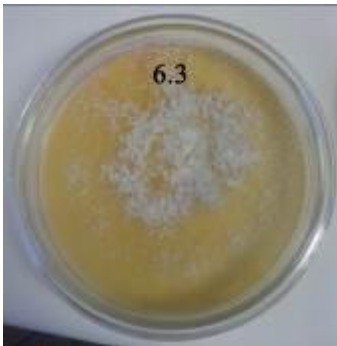
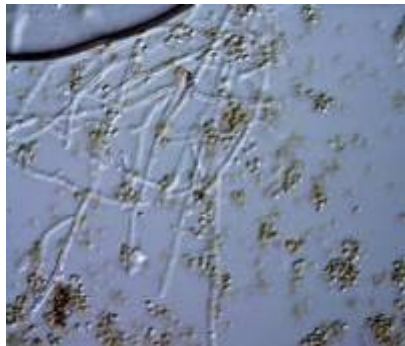
Muestra	Lugar de muestreo	Caja	Imagen	Imagen al microscopio
		2,3	 <p>Imagen G.9 Hongo 2.3: <i>Aspergillus aculeatus</i></p>	 <p>Imagen G.10 <i>Aspergillus aculeatus</i> microscópicamente 40x</p>
Muestra 3	Santa Catalina Cuadro Virgen del Rosario lateral derecho	3,1	 <p>Imagen G.11 Hongo 3.1: <i>Penicillium</i></p>	 <p>Imagen G.12 <i>Penicillium</i> microscópicamente 40x</p>

Muestra	Lugar de muestreo	Caja	Imagen	Imagen al microscopio
		3,2	 <p><b>Imagen G.13 Hongo 3.2: Penicillium citroenigrum</b></p>	 <p><b>Imagen G.14 Penicillium citroenigrum microscópicamente 40x</b></p>
Muestra 4	Santa Catalina Cuadro Virgen del Rosario parte posterior	4,1	 <p><b>Imagen G.15 Hongo 4.1: Aspergillus</b></p>	 <p><b>Imagen G.16 Aspergillus microscópicamente 40x</b></p>

Muestra	Lugar de muestreo	Caja	Imagen	Imagen al microscopio
		4,2	 <p>Imagen G.17 Hongo 4.2: Penicillium</p>	 <p>Imagen G.18 Penicillium microscópicamente 40x</p>
		4,3	 <p>Imagen G.19 Hongo 4.3: Acremonium</p>	 <p>Imagen G.20 Acremonium microscópicamente 40x</p>



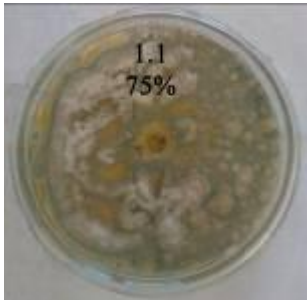



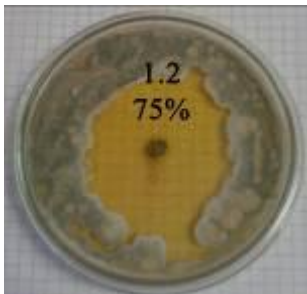

Muestra	Lugar de muestreo	Caja	Imagen	Imagen al microscopio
Muestra 5	Santa Catalina portón lateral Señor de las Misericordias	5,1	 <p><b>Imagen G.21 Hongo 5.1: Penicillium</b></p>	 <p><b>Imagen G.22 Penicillium microscópicamente 40x</b></p>
		5,2	 <p><b>Imagen G.23 Hongo 5.2: Acremonium</b></p>	 <p><b>Imagen G.24 Acremonium microscópicamente 40x</b></p>




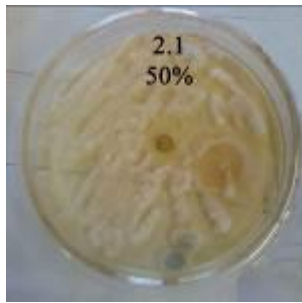
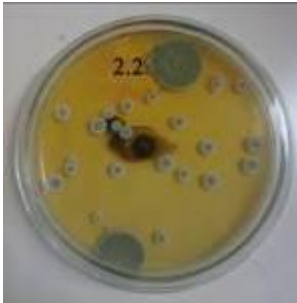

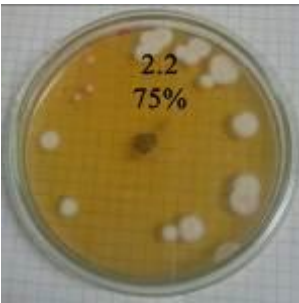
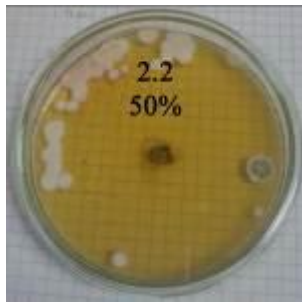
Muestra	Lugar de muestreo	Caja	Imagen	Imagen al microscopio
		5,3	 <p>Imagen G.25. Hongo 5.3: Acremonium.</p>	 <p>Imagen G.26. Acremonium microscópicamente 40x</p>
Muestra 6	INPC	6,1	 <p>Imagen G.27. Hongo 6.1: Alternaria alternata</p>	 <p>Imagen G.28. Alternaria alternata microscópicamente 40x</p>

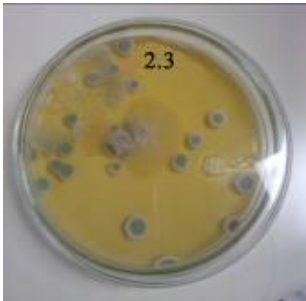

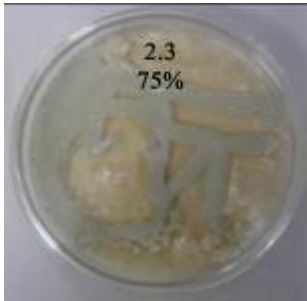
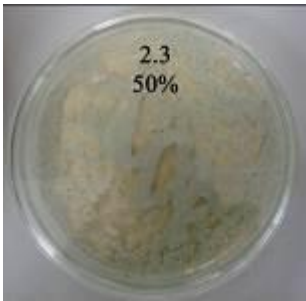
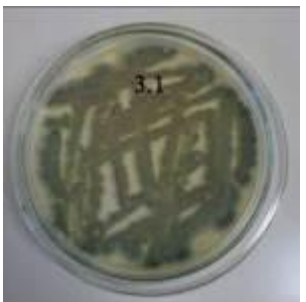
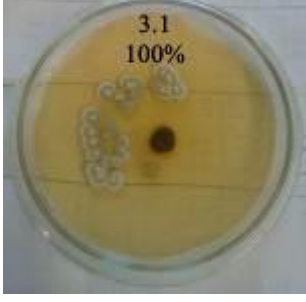
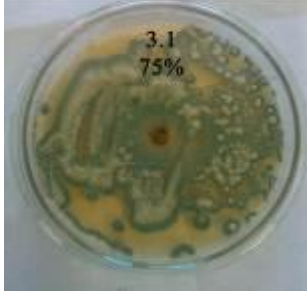
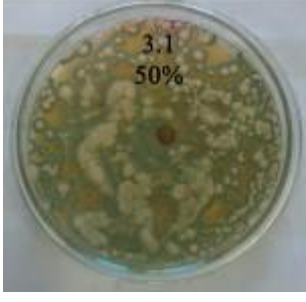
Muestra	Lugar de muestreo	Caja	Imagen	Imagen al microscopio
		6,2	 <p><b>Imagen G.29. Hongo 6.2: Penicillium</b></p>	 <p><b>Imagen G.30. Penicillium microscópicamente 40x</b></p>
		6,3	 <p><b>Imagen G.31. Hongo 6.3: Tricoderma</b></p>	 <p><b>Imagen G.32. Tricoderma microscópicamente 40x</b></p>


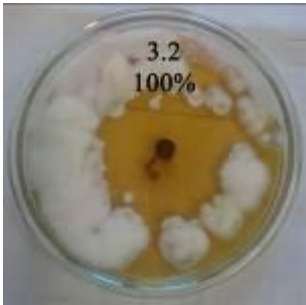

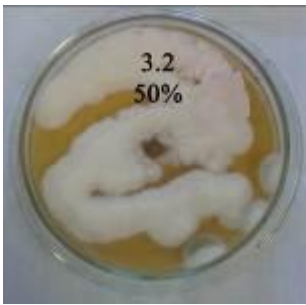
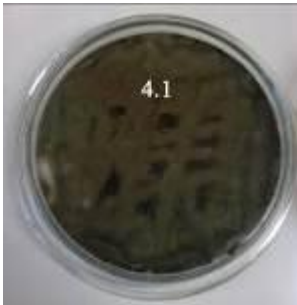
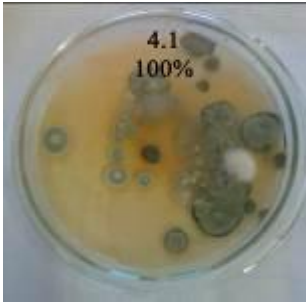
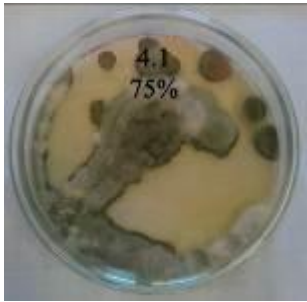
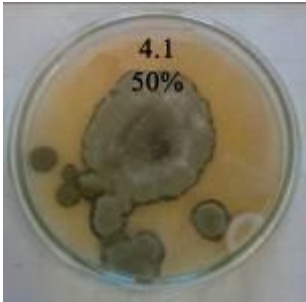




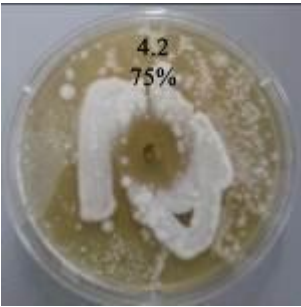


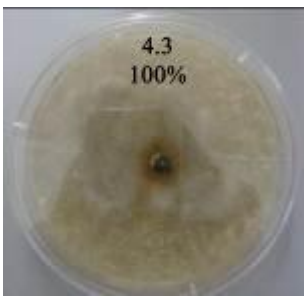


### Anexo H. Pruebas realizadas con extracto de albahaca a distintas concentraciones

Muestra	Lugar de muestreo	Caja	Imágenes			
			Blanco	100%	75%	50%
Muestra 1	El Sagrario Sotobanco lateral derecho Retablo Virgen de Guadalupe	1,1	 <p><b>Imagen H.1</b>Penicillium</p>	 <p><b>Imagen H.2</b> Extracto de albahaca al 100%</p>	 <p><b>Imagen H.3</b> Extracto de albahaca al 75%</p>	 <p><b>Imagen H.4</b> Extracto de albahaca al 50%</p>
		1,2	 <p><b>Imagen H.5</b>Penicillium</p>	 <p><b>Imagen H.6</b> Extracto de albahaca al 100%</p>	 <p><b>Imagen H.7</b> Extracto de albahaca al 75%</p>	 <p><b>Imagen H.8</b> Extracto de albahaca al 50%</p>

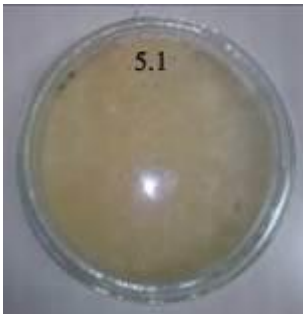



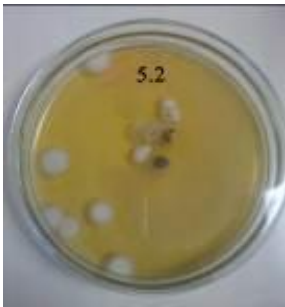


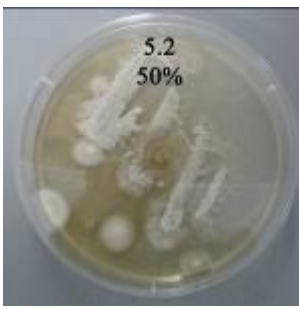
Muestra	Lugar de muestreo	Caja	Imágenes			
			Blanco	100%	75%	50%
Muestra 2	El Sagrario Sotobanco lateral izquierdo Retablo Virgen del Cisne	2,1	 <p><b>Imagen H.9</b> <i>Aspergillus candidus</i></p>	 <p><b>Imagen H.10</b> Extracto de albahaca al 100%</p>	 <p><b>Imagen H.11</b> Extracto de albahaca al 75%</p>	 <p><b>Imagen H.12</b> Extracto de albahaca al 50%</p>
		2,2	 <p><b>Imagen H.13</b> <i>Aspergillus Penicillium</i></p>	 <p><b>Imagen H.14</b> Extracto de albahaca al 100%</p>	 <p><b>Imagen H.15</b> Extracto de albahaca al 75%</p>	 <p><b>Imagen H.16</b> Extracto de albahaca al 50%</p>

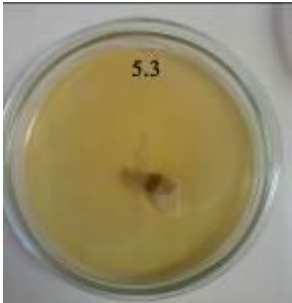
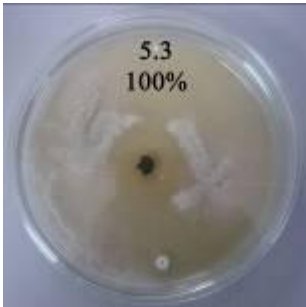
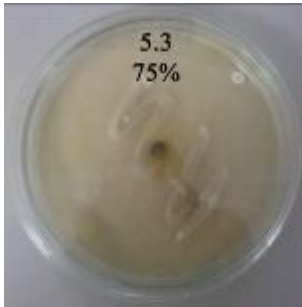
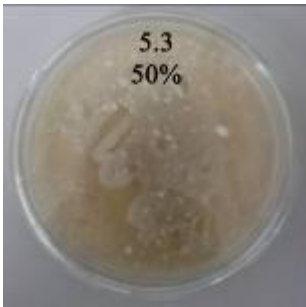
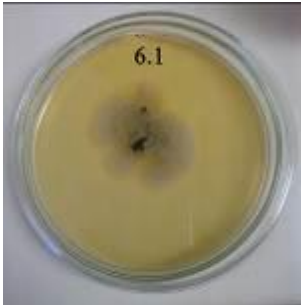


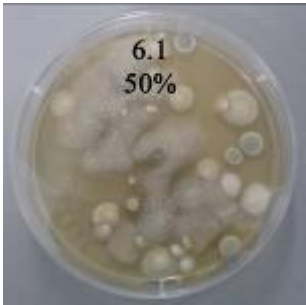
Muestra	Lugar de muestreo	Caja	Imágenes			
			Blanco	100%	75%	50%
			 <p>Imagen H.17 <i>Aspergillus aculeatus</i></p>	 <p>Imagen H.18 Extracto de albahaca al 100%</p>	 <p>Imagen H.19 Extracto de albahaca al 75%</p>	 <p>Imagen H.20 Extracto de albahaca al 50%</p>
Muestra 3	Santa Catalina Cuadro Virgen del Rosario lateral derecho	3,1	 <p>Imagen H.21 <i>Penicillium</i></p>	 <p>Imagen H.22 Extracto de albahaca al 100%</p>	 <p>Imagen H.23 Extracto de albahaca al 75%</p>	 <p>Imagen H.24 Extracto de albahaca al 50%</p>

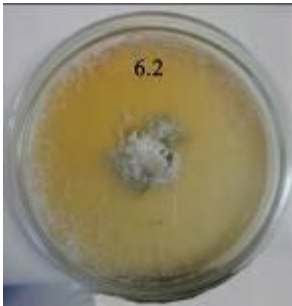
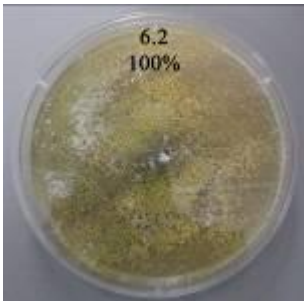
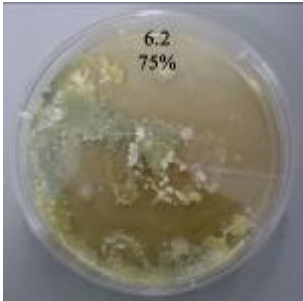
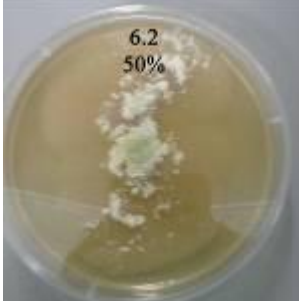
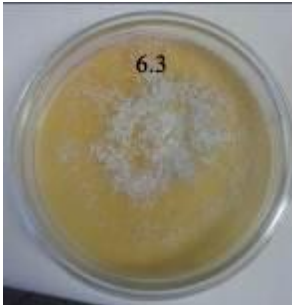
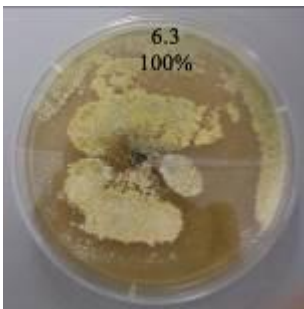
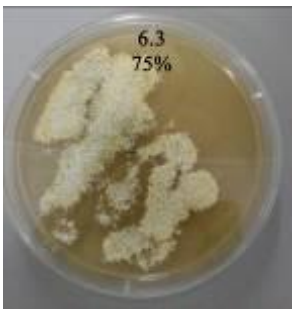
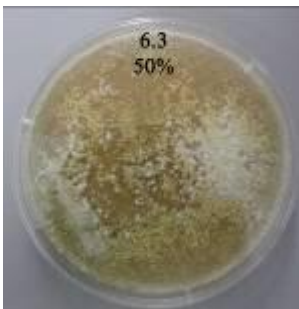
Muestra	Lugar de muestreo	Caja	Imágenes			
			Blanco	100%	75%	50%
		3,2	 <p>Imagen H.25 <i>Penicillium citroenigrum</i></p>	 <p>Imagen H.26 Extracto de albahaca al 100%</p>	 <p>Imagen H.27 Extracto de albahaca al 75%</p>	 <p>Imagen H.28 Extracto de albahaca al 50%</p>
Muestra 4	Santa Catalina Cuadro Virgen del Rosario parte posterior	4,1	 <p>Imagen H.29 <i>Aspergillus</i></p>	 <p>Imagen H.30 Extracto de albahaca al 100%</p>	 <p>Imagen H.31 Extracto de albahaca al 75%</p>	 <p>Imagen H.32 Extracto de albahaca al 50%</p>

Muestra	Lugar de muestreo	Caja	Imágenes			
			Blanco	100%	75%	50%
		4,2	 <p>Imagen H.33 <i>Penicillium</i></p>	 <p>Imagen H.34 Extracto de albahaca al 100%</p>	 <p>Imagen H.35 Extracto de albahaca al 75%</p>	 <p>Imagen H.36 Extracto de albahaca al 50%</p>
		4,3	 <p>Imagen H.37 <i>Acremonium</i></p>	 <p>Imagen H.38 Extracto de albahaca al 100%</p>	 <p>Imagen H.39 Extracto de albahaca al 75%</p>	 <p>Imagen H.40 Extracto de albahaca al 50%</p>



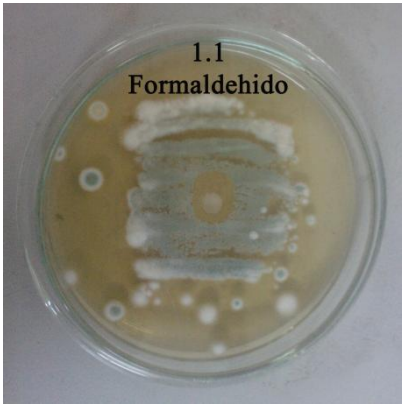
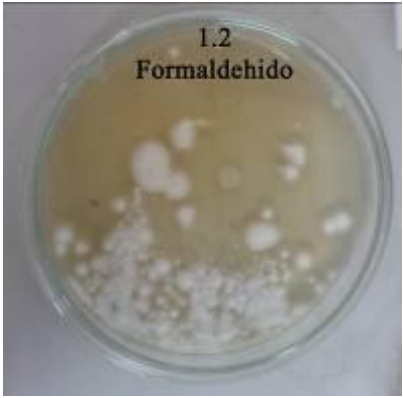
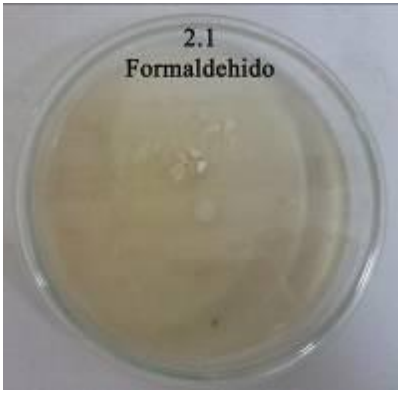
Muestra	Lugar de muestreo	Caja	Imágenes			
			Blanco	100%	75%	50%
Muestra 5	Santa Catalina portón lateral Señor de las Misericordias	5,1	 <p><b>Imagen H.41</b>Penicillium</p>	 <p><b>Imagen H.42</b> Extracto de albahaca al 100%</p>	 <p><b>Imagen H.43</b> Extracto de albahaca al 75%</p>	 <p><b>Imagen H.44</b> Extracto de albahaca al 50%</p>
		5,2	 <p><b>Imagen H.45</b>Acremonium</p>	 <p><b>Imagen H.46</b> Extracto de albahaca al 100%</p>	 <p><b>Imagen H.47</b> Extracto de albahaca al 75%</p>	 <p><b>Imagen H.48</b> Extracto de albahaca al 50%</p>


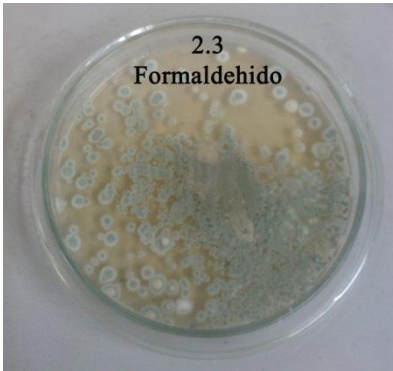
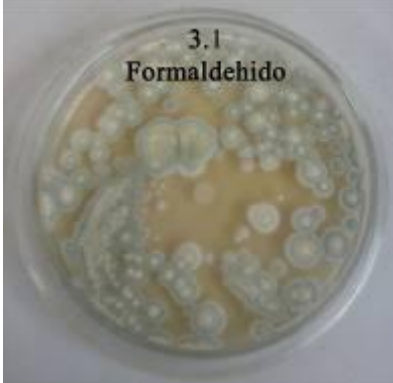
Muestra	Lugar de muestreo	Caja	Imágenes			
			Blanco	100%	75%	50%
		5,3	 <p>Imagen H.49 Acremonium</p>	 <p>Imagen H.50 Extracto de albahaca al 100%</p>	 <p>Imagen H.51 Extracto de albahaca al 75%</p>	 <p>Imagen H.52 Extracto de albahaca al 50%</p>
Muestra 6	INPC	6,1	 <p>Imagen H.53 Alternaria alternata</p>	 <p>Imagen H.54 Extracto de albahaca al 100%</p>	 <p>Imagen H.55 Extracto de albahaca al 75%</p>	 <p>Imagen H.56 Extracto de albahaca al 50%</p>


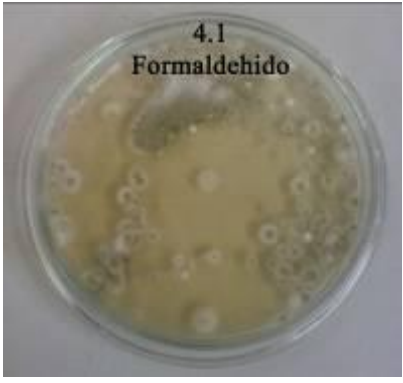
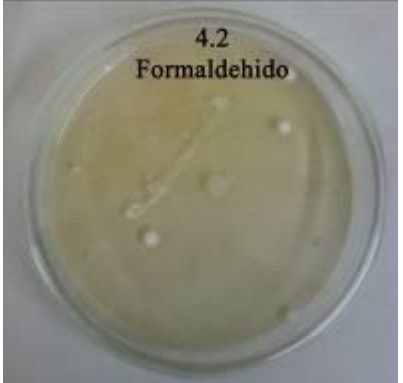
Muestra	Lugar de muestreo	Caja	Imágenes			
			Blanco	100%	75%	50%
		6,2	 <p>Imagen H.57 <i>Penicillium</i></p>	 <p>Imagen H.58 Extracto de albahaca al 100%</p>	 <p>Imagen H.59 Extracto de albahaca al 75%</p>	 <p>Imagen H.60 Extracto de albahaca al 50%</p>
		6,3	 <p>Imagen H.61 <i>Tricoderma</i></p>	 <p>Imagen H.62 Extracto de albahaca al 100%</p>	 <p>Imagen H.63 Extracto de albahaca al 75%</p>	 <p>Imagen H.64 Extracto de albahaca al 50%</p>

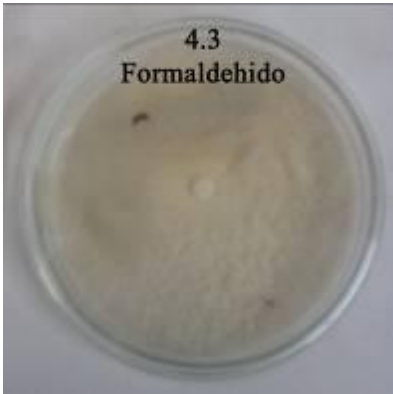
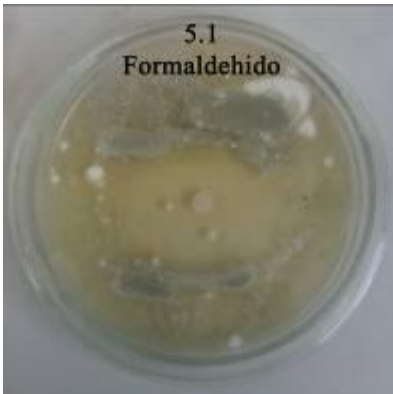
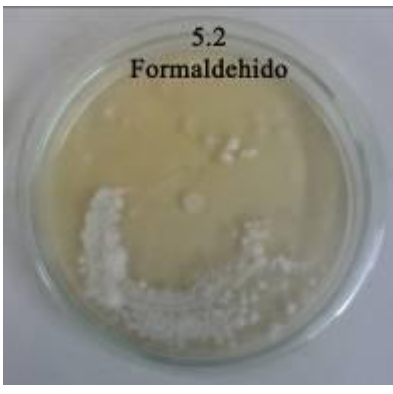



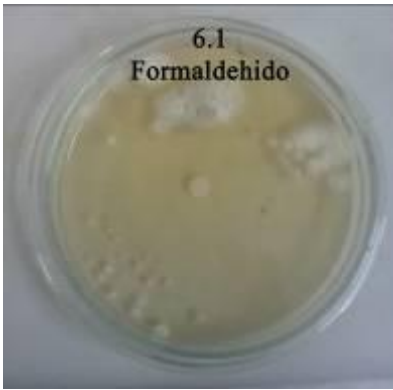
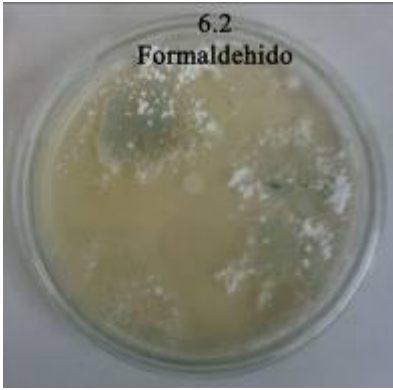
**Anexo I. Pruebas realizadas con formaldehído al 50% de concentración**


Muestra	Lugar de muestreo	Caja	Imagen
Muestra 1	El Sagrario Sotobanco lateral derecho Retablo Virgen de Guadalupe	1,1	 <p><b>Imagen I.1 Penicillium sp. con formaldehído al 50%</b></p>
		1,2	 <p><b>Imagen I.2. Penicillium con formaldehído al 50%</b></p>
Muestra 2	El Sagrario Sotobanco lateral izquierdo Retablo Virgen del Cisne	2,1	 <p><b>Imagen I.3. Aspergillus candidus con formaldehído al 50%</b></p>

Muestra	Lugar de muestreo	Caja	Imagen
		2,2	 <p>2.2 Formaldehido</p> <p><b>Imagen I.4. Aspergillus Penicillium con formaldehido al 50%</b></p>
		2,3	 <p>2.3 Formaldehido</p> <p><b>Imagen I.5. Aspergillus aculeatus con formaldehido al 50%</b></p>
Muestra 3	Santa Catalina Cuadro Virgen del Rosario lateral derecho	3,1	 <p>3.1 Formaldehido</p> <p><b>Imagen I.6. Penicillium con formaldehido al 50%</b></p>

Muestra	Lugar de muestreo	Caja	Imagen
		3,2	 <p><b>Imagen I.7. Penicillium citroenigrum con formaldehido al 50%</b></p>
Muestra 4	Santa Catalina Cuadro Virgen del Rosario parte posterior	4,1	 <p><b>Imagen I.8. Aspergillus con formaldehido al 50%</b></p>
		4,2	 <p><b>Imagen I.9. Penicillium con formaldehido al 50%</b></p>

Muestra	Lugar de muestreo	Caja	Imagen
		4,3	 <p>4.3 Formaldehido</p> <p>Imagen I.10. Acremonium con formaldehido al 50%</p>
Muestra 5	Santa Catalina portón lateral Señor de las Misericordias	5,1	 <p>5.1 Formaldehido</p> <p>Imagen I.11. Penicillium con formaldehido al 50%</p>
		5,2	 <p>5.2 Formaldehido</p> <p>Imagen I.12 Acremonium con formaldehido al 50%</p>

Muestra	Lugar de muestreo	Caja	Imagen
		5,3	 <p>5.3 Formaldehido</p> <p>Imagen I.13. Acremonium con formaldehido al 50%</p>
Muestra 6	INPC	6,1	 <p>6.1 Formaldehido</p> <p>Imagen I.14 Alternaria alternata con formaldehido al 50%</p>
		6,2	 <p>6.2 Formaldehido</p> <p>Imagen I.15 Penicillium con formaldehido al 50%</p>

Muestra	Lugar de muestreo	Caja	Imagen
		6,3	 <p>Imagen I.16 Tricoderma con formaldehido al 50%</p>